Messinstrumente

FÜR GLEICH- UND WECHSELSTROM



Das elektrische Messen in der Funk-Werkstatt

1.80 RM

DEUTSCHER FUNK-VERLAG

. . wer bastelt, kennt

VINETA-Funk

FRITZ W. POST
G. m. b. H.

Das RUNDFUNK - FACHGESCHÄFT

Beachten Sie meine
Werbefunksendungen

BERLIN-PANKOW, BERLINER STRASSE 77
BERLIN-LICHTENBERG, FRANKF. ALLEE 194

RUF: 42 63 77 und
48 23 77

o

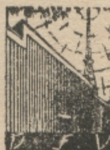
DAS ELEKTRISCHE MESSEN IN DER FUNK-WERKSTATT

Hans-Joachim Brand
Weimar
Friedrich-Engels-Ring 26

HEFT 1

MESSINSTRUMENTE FÜR GLEICH- UND WECHSELSTROM

VON DIPL.-ING. FRIEDRICH BEIN



DEUTSCHER FUNK-VERLAG G·M·B·H

INHALTS-VERZEICHNIS

Kenn-Nr. 10272 Ausgabe A Preis: 1,80 RM
Alle Rechte vorbehalten / Printed in Germany / Copyright 1946 by Deutscher Funk-Verlag, Berlin
Druck: (40) G. Buchdruckerei Karl Huth, Berlin C 2 648; 7. 46
Verlag und Vertrieb: (Nr. 52) Deutscher Funk-Verlag G m b H., Berlin SO 36, Kiefholzstraße 1-3
Telefon: 674358 / Postscheckkonto: Berlin 197549
Anzeigenannahme: DFV, Anzeigenabteilung Berlin W 35, Schöneberger Ufer 59 (vorm. Köster-Ufer)
Telefon: 911292 / Postscheckkonto: 112242

V O R W O R T

Eine der Hauptsorgen für den Mann aus der Funkwerkstatt ist außer der Röhrenfrage und deren Ersatz das elektrische Meßgerät.

Es fehlt heute oft am Allernötigsten. Selbst wenn etwas noch vorhanden ist, so wird ein Ersatz bei eintretenden Beschädigungen oft nicht möglich sein, besonders für die Werkstatt oder den Bastler außerhalb der großen Städte. Geht das beschädigte Meßgerät zur Reparatur, so müssen wochenlang selbst die einfachsten Untersuchungen an Funkgeräten unterbleiben, und sehnsüchtig wartet dann die ganze Werkstatt auf das unentbehrliche Meßinstrument.

Das vorliegende Büchlein soll dem Werkstattmann sowie dem Bastler einige Hinweise geben, wie er sein wertvolles Meßgerät schützen und pflegen kann, wie er eventuell bei seinem Ausfall Hilfsmittel zur Überbrückung dieses Notstandes sich selbst schaffen kann. Somit soll das Heftchen zu einem unentbehrlichen Berater in der Werkstatt werden.

Der Verfasser.

A. Das elektrische Messen

1. Was ist Messen?

Grundsätzlich unterscheidet man drei Verfahren in der Meßtechnik. Die gröbste Art ist das Prüfen. Üblich ist im allgemeinen das eigentliche Messen. Das Oszillographieren gilt für das feinste Verfahren zur Feststellung der Zeitdauer elektrischer Vorgänge.

In dem vorliegenden Heft 1 wollen wir uns nur mit dem Messen beschäftigen. Die übrigen Hefte geben dann nähere Auskunft über die beiden anderen Verfahren.

Eine Größe messen heißt, sie durch eine Zahl darstellen, welche angibt, wie oft die zugrunde gelegte Einheit in der gemessenen Größe enthalten ist. Das bedeutet, daß jedes Verfahren ein Messen ist, das die genaue zahlenmäßige Bestimmung einer elektrischen Größe nach Absolutwert und gegebenenfalls nach Richtung bezweckt.

Die elektrischen Grundeinheiten, wie zum Beispiel Volt (V), Ampere (A), Ohm (Ω), Farad (F) usw., sind aus Naturgesetzen ermittelte beliebige Werte, die vereinbarungsgemäß in allen Ländern der Erde als gleiche Grundlagen genommen worden sind.

Da alle Messungen zur Gewinnung zahlenmäßiger Größenangaben dienen, sind sie also objektiv und in erster Annäherung eindeutig. Hierdurch unterscheidet sich die Messung grundsätzlich von jeder subjektiven Feststellung.

Die durch Beobachtung gewonnene Zahl wird mit einem Fehler behaftet sein. Dieser sogenannte Meßfehler ist ein Fehler, der sich durch geringe Abweichungen des Meßergebnisses von dem wirklich bestehenden Wert äußert. Ein Meßfehler kann seine Ursache in Anzeigeungenauigkeiten der Meßinstrumente oder in elektrischen Fehlern haben, die mit der Meßschaltung zusammenhängen, was man mit objektiven Fehlern bezeichnet. Er kann aber auch in Ungenauigkeiten begründet sein, die durch Übermüdung der Augen entstehen (subjektiver Meßfehler, sogenannte Ablesefehler).

Für genauere Messungen müssen die einzelnen Meßfehler voneinander getrennt werden und dann, soweit sie erfaßbar sind, durch Korrektionen aus dem Meßergebnis entfernt werden. Die Meßfehler werden meist in Prozent der Abweichung vom wirklichen Wert angegeben, bei Meßfehlern von Instrumenten in Prozent des Endausschlages bzw. in Prozent des ganzen Skalenbogens bei Meßgeräten mit Nullpunkt innerhalb des Skalenbogens.

Der Unterschied zwischen „Messen" und „Ablesen" besteht nun einmal darin, daß der abgelesene Zahlenwert richtig gedeutet wird, und zwar durch Überlegen und Berechnung. Erst durch die Rechnung gewinnt das Meßergebnis seinen Sinn.

Durch Überlegung vor der Messung wird man das Meßgerät durch die Wahl

des richtigen Meßbereiches schonen und sich klar werden, was durch die Ablesung erzielt werden kann.

Meßverfahren sind bestimmte Maßnahmen an Geräten und Schaltungen zur Durchführung einer Messung, die nicht einfach durch das Anschließen eines Instrumentes bewerkstelligt werden können. In diesem Fall müssen oft Sondermessungen und Teilmessungen vorgenommen werden, aus deren Ergebnissen man das Gesamtergebnis zusammenstellt. Die Gesamtheit dieser Maßnahmen bildet das Meßverfahren.

2. Der grundsätzliche Aufbau von Meßgeräten

Entsprechend den früheren VDE-Vorschriften und gleichlautenden Firmenrichtlinien wird an Stelle des Ausdrucks „Meßinstrument" vorzugsweise das Wort „Meßgerät" benutzt, darunter versteht man häufig Drehspulinstrumente.

Für Gesamtgeräte, die unter anderem auch derartige Meßgeräte als Einzelteile enthalten, wird der Ausdruck „Meßeinrichtung" angewendet.

Ein Meßgerät umfaßt das Meßwerk mit Gehäuse und mit eingebautem, angebautem, lösbar oder unlösbar verbundenem Zubehör. Ein Meßgerät kann auch mehrere Meßwerke enthalten.

Das Meßwerk besteht aus den eine Bewegung erzeugenden, zueinander gehörenden Teilen des Meßgerätes.

Das bewegliche Organ ist der Teil des Meßwerkes, dessen Bewegung oder Lage von der Meßgröße abhängt.

Der Strompfad ist der vom Meßstrom oder einen Teil des Meßstromes durchflossene Teil des Meßgerätes.

Der Spannungspfad ist der mittelbar oder unmittelbar an die Spannung anzuschließende Teil des Meßgerätes.

Der Nebenwiderstand ist der vom Hauptstrom unmittelbar durchflossene Widerstand, an dessen Klemmen das Meßgerät angeschlossen wird.

Der Vorwiderstand ist der Widerstand, der dem Spannungspfad des Meßgerätes vorgeschaltet wird.

Die Meßleitungen sind leitende Verbindungen zwischen den Meßstellen und dem Meßgerät. Ihre Eigenschaften beeinflussen unter Umständen die Meßgenauigkeit.

So weit die Vorschriften über die Bezeichnung der Meßgeräteteile.

Der Zeiger eines Meßwerks kann aus Metall, Glas oder nichtmaterieller Natur, nämlich ein Lichtstrahl, sein. Für die verschieden langen und dementsprechend auszuwuchtenden Zeiger, um damit das Gleichgewicht in den verschiedenen Gebrauchslagen des Instruments zu halten, benutzt man meistens dünnes Aluminiumrohr von einigen Zehntelmillimeter Durchmesser. Darin wird die

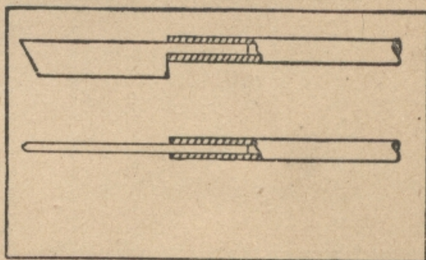


Abb. 1

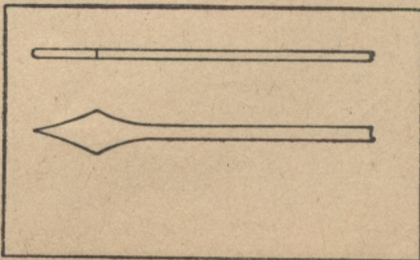


Abb. 2

Fahne eingesteckt und verkittet. Diesen Zeiger nennt man Schneidenzeiger oder auch Messerzeiger (s. Abb. 1). Ein größerer Bruder dieses Zeigers ist der Lanzenzeiger. Er wird bei gröberen Geräten und Schalttafeln angewendet, da er auf weite Sicht gut erkennbar ist (s. Abb. 2). Da es heute kaum noch solche dünne Aluminiumbleche (Folien) oder Röhrchen gibt, muß man sich mit einem sehr dünn ausgezogenen Glasröhrchen behelfen. Glasrohr in einer Stärke von etwa 2—3 Zehntelmillimeter Durchmesser ist sehr elastisch und im Gewicht ebenso leicht wie ein Aluminiumzeiger. Seine Haltbarkeit bei starken Ausschlägen ist durchaus gut. Nur sehr scharfe Biegungen an seiner Befestigungsstelle lassen ihn sofort abbrechen. Er ist sonst als ein vollwertiger Ersatz für einen Metallzeiger zu bewerten.

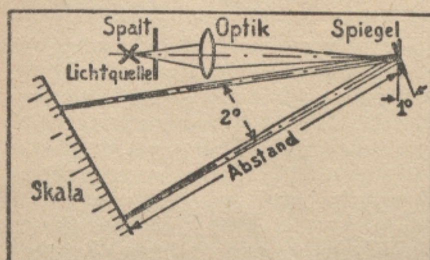


Abb. 3

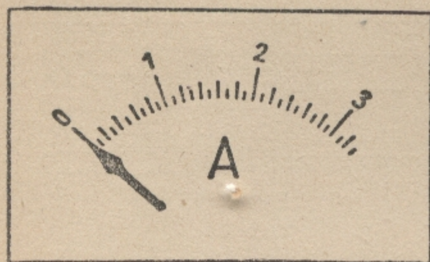


Abb. 4

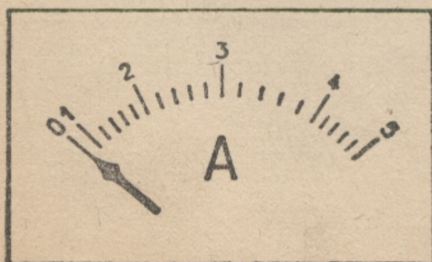


Abb. 5

Die gewichtslosen Lichtzeiger werden im allgemeinen nur für sehr empfindliche Geräte benutzt. Ein kleines Spiegelchen ist auf das bewegliche Organ des Meßwerkes aufgekittet. Durch eine strichförmige Lichtquelle wird dieser Spiegel unter einem Winkel beleuchtet. Bei einem Ausschlag des Meßwerks dreht sich der Spiegel, und damit ändert sich der Winkel des Spaltbildes um den doppelten Betrag (s. Abb. 3). Durch Veränderung des Skalenabstandes ändert man auch die Empfindlichkeit des Instrumentes.

Bei der Skala eines Meßgerätes unterscheidet man zwischen einer gleichförmigen und einer ungleichförmig unterteilten Skala. Bei der gleichförmig geteilten Skala ist die Entfernung von Skalenteil zu Skalenteil an jeder Stelle der Skala gleich (s. Abb. 4), während dies bei der ungleichförmig geteilten Skala nicht der Fall ist. Es liegt auf der Hand, daß die Empfindlichkeit mit gleichförmiger Skala am Anfang derselben bei weitem größer ist als bei einem Instrument mit ungleicher Skala. So gestattet zum Beispiel die gleichförmige Skala noch 0,1 A abzulesen, während der erste Teilstrich der ungleichförmigen Skala bereits den Wert 1 A hat (s. Abb. 5).

Der Vollausschlag des Zeigers geht normalerweise über 90° Skalenteilung. Wenn der Zeiger auf Nullstellung in

der Mitte der Skala steht, sind es nach jeder Seite nur 45°. Diese Skaleneinteilung wird besonders gern für Batteriemessungen angewendet, da man dabei nicht auf die Polarität des Meßinstruments und der Batterie zu achten braucht (s. Abb. 6). Neuerdings findet man jetzt auch häufiger auf Meßgeräten im Handel eine Skala mit 270° Vollausschlag oder sogar mehr. Für elektrische Meßgeräte ist diese Einteilung aber nicht sehr schön, da sich das Auge erst daran gewöhnen muß.

Bei genaueren und wertvolleren Zeigermeßgeräten findet man häufiger einen Spiegel auf der Skala zwischen oder unter der Teilung. Diese Einteilung soll nach Möglichkeit den Ablesefehler beheben. Jeder wird schon bei seinem Instrument gefunden haben, daß, wenn man meinetwegen von links auf den Zeiger schaut, ein anderer Meßstrich unter dem Zeiger steht, als wenn man von rechts auf den Zeiger sieht. Nur wenn der Zeiger genau senkrecht von oben betrachtet wird, ist die Ablesung eindeutig (s. Abb. 7). Ein Spiegel, unter dem Zeiger angebracht, erleichtert durch die Deckung von Spiegelbild und Zeiger die genaue senkrechte Ablesung, so daß eine Parallaxe, wie der Fachausdruck für die Strichverschiebung lautet, vermieden wird. Der Nachteil der Spiegelablesung ist die schnelle Ermüdung der Augen bei Serienmessungen.

Eine Nullpunktkorrektion des Zeigers ist meistens bei besseren Meßgeräten vorgesehen. Die dabei auftretende Zeigerverstellung zur Berichtigung der Nullpunkteinstellung kann zwischen 6 bis 12% der Skalenlänge betragen. Diese nicht immer notwendige Einrichtung soll Temperaturveränderungen und ähnliches im Meßwerk ausgleichen.

Die äußere Form der Meßinstrumente richtet sich nach ihrer Benutzungsweise. Schalttafelgeräte, namentlich ältere, sind meistens große runde Aufbauinstrumente (s. Abb. 8). Neuerdings bevorzugt man für kleinere Schalttafeln und Meßeinrichtungen die kleinere etwa 60 bis 80 mm Durchmesser betragende Einbauform. Die augenblicklich im Handel befindlichen Geräte gehören fast ausschließlich der kleinen Einbauform an. Vielfach werden auch Profilinstrumente

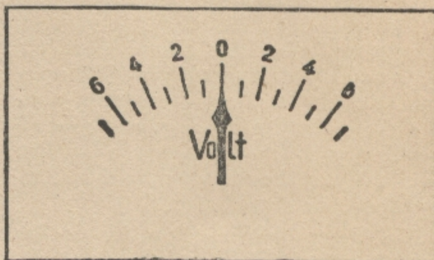


Abb. 6

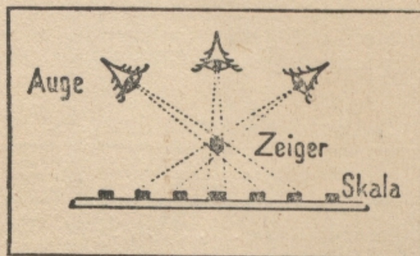


Abb. 7

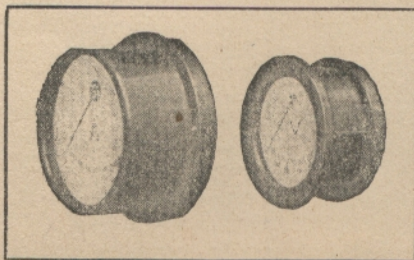


Abb. 8



Abb. 9

angeboten, die fast ausnahmslos für Spezialmeßeinrichtungen verwandt worden sind (s. Abb. 9). Insbesondere werden diese Geräte zu Temperaturregelzwecken in Brückenschaltungen benutzt. Es sind häufig Kreuzspulgeräte in höchstempfindlicher Ausführung.

Die früher übliche Form für Bastler und Rundfunktechniker ist das Meßgerät in Tisch- oder Laborform. Meistenteils waren dies Vielfachmeßgeräte wie das Multizet von Siemens & Halske, das Multavi I und II von Hartmann & Braun oder Instrumente der AEG. Leider sind diese Geräte jetzt sehr schwer zu erhalten. Tüchtige Funkfreunde bauen sich aber selbst diese Geräte aus den jetzt noch käuflichen Drehspuleinbau-Instrumenten. Schwierig ist dabei nur das Abgleichen der Widerstände beim Eichen der Meßgeräte. Dies besorgen am besten Fachleute auf diesem Gebiet.

Schaltzeichen für Meßwerke

Meßwerkbenennung	Schaltzeichen
Meßwerk, allgemein	
Meßwerk mit Spannungspfad	
Meßwerk mit Strompfad	
Meßwerk mit zwei Spannungspfaden zur Summen- oder Differenzmessung	
Meßwerk mit zwei Strompfaden zur Summen- oder Differenzmessung	
Meßwerk mit zwei Spannungspfaden z. Produkt- oder Quotientenmessung	
Meßwerk mit zwei Strompfaden zur Produkt- oder Quotientenmessung	
Meßwerk mit Strom- u. Spannungspfad zur Produkt- oder Quotientenmessung	

3. Einiges über die Dämpfung der Meßwerke

Bei den technischen Meßgeräten kommen drei Formen der Dämpfung vor: Die Luftdämpfung, die Öldämpfung und die Wirbelstromdämpfung.

Die Luftdämpfung wird durch ein kreisförmig gebogenes, an einem Ende geschlossenes Rohr bewirkt, in dem sich ein Kolben, der mittels einer Stange an der drehbaren Achse befestigt ist und ohne Reibung schwingt (s. Abb. 10). Bei Änderung des treibenden Momentes wird die Luft im Zylinder durch den sich bewegenden Kolben verdichtet oder verdünnt, so daß sich der Zeiger fast ohne Pendeln (aperiodisch) in die neue Gleichgewichtslage einstellt. Es gibt außer dieser Luftdämpfungsart noch andere Bauarten. Zum Beispiel die, daß sich ein Windflügel in einer geschlossenen Kammer bewegt.

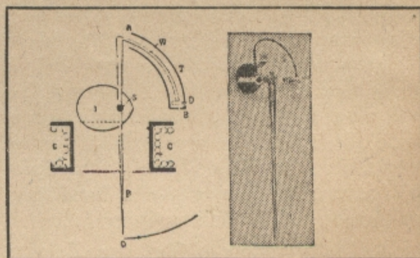


Abb. 10

größe, also Ampere oder Volt, mA, µA oder mV, µV usw., auf der Skala befinden. Bei Vielfachmeßgeräten ist jede Meßgröße dafür auf dem Umschalter angegeben. Dadurch gilt die Skaleneinteilung nur für die ihr zugeordnete Maßeinheit. Diese Mindestforderungen sind auch auf ausländischen Instrumenten und unseren billigeren Meßgeräten zu finden.

Die nach 1939 geltenden VDE-Vorschriften verlangen noch folgende Aufschriften, die links oder rechts unterhalb der Skaleneinteilung hintereinander aufgezeichnet sind. Die Reihenfolge der Beschriftung ist allerdings beliebig.

Beginnen wir mit dem Klassenzeichen. Dieses Zeichen ist der Wertmesser oder Gütegrad des Instruments und damit auch der Messung. Feinmeßgeräte gehören der Güteklasse 0,2 und 0,5 an. Das heißt: der Anzeigefehler darf innerhalb des Meßbereichs die Fehlergrenze, bezogen auf den Skalenendwert, nicht mit ± 0,2 % und ± 0,5 % überschreiten. Bei Instrumenten mit Nullpunkt innerhalb der Skala bezieht sich die Fehlergrenze auf den ganzen Skalenbogen. Bei Betriebsmeßgeräten mit den Güteklassen von 1,0, 1,5 und 2,5 darf der Anzeigefehler nicht mehr als 1,0 %, 1,5 % und 2,5 % des Skalenendwertes betragen.

Es folgt das Stromartzeichen, das anzeigt, ob das Meßgerät für Gleichstrom, Wechselstrom oder für beide (Allstrom) benutzt werden kann.

Besonders wichtig ist das Zeichen für die Form des Meßwerks, da damit die Empfindlichkeit und die Benutzungsweise sofort ersichtlich sind.

Eine weitere Bezeichnung ist das Lagezeichen. Da die Meßgeräte infolge ihrer Zeigerausbalancierung nur in der Lage, in der sie geeicht sind, eben dem Skalenaufdruck, richtig die Anzeigefehler einhalten, so ist auch dies beachtenswert, ob das Instrument waagerecht oder senkrecht benutzt wird.

Als letztes der genormten Zeichen befindet sich der Prüfspannungsstern auf der Skala. Früher war es ein verschiedenfarbiger Stern, je nach Höhe der Prüfspannung zwischen Gehäuse und den Strom- oder Spannungspfaden des Meßgeräts. Neuerdings gibt eine Zahl in einem schwarzumränderten Stern diese Größe an (ohne Zahl gilt die Prüfspannung U_p = 500 V).

Bei besseren Sonderinstrumenten für Wechselstrom mit technischen oder Tonfrequenzen wird häufig auch die Nennfrequenz, z. B. 50 Hz oder 50—500 Hz usw., angegeben. Der Gebrauchsfrequenzbereich ist dann der Bereich 0,9 bis 1,1 mal der Nennfrequenz.

Nicht selten ist bei Drehspulstrommessern für hohe Stromstärken, z. B. über 150 A, der Nebenwiderstand (Shunt) wegen seiner mechanischen Größe nicht im Instrument mit eingebaut. Solche Meßgeräte besitzen meist einen genormten Spannungsabfall von 60 mV oder 150 mV. Diese Instrumente tragen dann die Skalenaufschrift z. B. 60 oder 150. Daneben gibt es häufig Instrumente (Dreheisengeräte) für Wechselstrom mit außenliegenden Stromtransformatoren (Stromwandler). Diese Meßgeräte haben meist den genormten Strom von 5 A und werden dann z. B. so beschriftet: $\frac{100}{5}$.

Manchmal wird auch der Ohmwert pro Volt bei Voltmetern angegeben. Ein gutes Beispiel dafür ist das Ventilvoltmeter der Firma Zierold; hier steht sogar der Wert von 15 000 Ohm pro Volt auf der Skala. Der Quotient Ohm/Volt ist allerdings ohne Angabe des Instrumenten-Gütefaktors kein Werturteil.

*

Eine Zusammenfassung aller dieser Skalenaufdrucke soll die folgende Tabelle geben:

Sinnbilder für Meßgeräte (VDE 0410)

Arten der Meßgeräte	Zeichen
Drehspulgerät mit Dauermagnet . . .	
Kreuzspul- oder Drehspul-Quotientenmesser	
Dreheisen-Meßgerät	
Dreheisen-Quotientenmesser	
Elektrodynamisches Meßgerät	
Eisengeschl. elektrodynam. Meßgerät	
Elektrodynam. Quotientenmesser . . .	
Eisengeschl. elektrodynamischer Quotientenmesser	
Induktionsmeßgerät	
Induktions-Quotientenmesser	
Hitzdrahtmeßgerät	
Elektrostatisches Meßgerät	
Vibrationsmeßgerät	
Thermoumformer, allgemein	
Thermoumform. m. Drehspulmeßgerät	
Isolierter Thermoumf. m. Drehspulmeßg.	
Ventil (Gleichrichter)-Gerät	
Sinnbild für Eisenschirm	○
Strommesser-Schaltzeichen	A
Spannungsmesser-Schaltzeichen . . .	V
Gleichstromzeichen, neu	—
Gleichstromzeichen, alt	=
Wechselstromzeichen	~
Allstromzeichen	

Arten der Meßgeräte	Zeichen
Drehstrommeßgerät mit 1 Meßwerk . .	
Drehstrommeßgerät m. 2 Meßwerken .	
Drehstrommeßgerät mit 3 Meßwerken	
Senkrechte Gebrauchslage, neu . . .	⊥
Senkrechte Gebrauchslage, alt	|
Waagerechte Gebrauchslage, neu . .	
Waagerechte Gebrauchslage, alt . . .	—
Gebrauchslage mit Winkelangabe . .	60°
Nulleinstellung	
Prüfspannung 500 V, Betriebssp. 40 V	☆
„ „ 2000 V, „ „ 650 V	2
„ „ 3000 V, „ „ 1000 V	3
„ „ 5000 V, „ „ 1500 V	5
„ „ 10000 V, „ „ 3000 V	10
„ „ 500 V, „ „ 40 V	★ schwarz
„ „ 1000 V, „ „ 100 V	★ braun
„ „ 2000 V, „ „ 650 V	★ rot
„ „ 3000 V, „ „ 900 V	★ blau
„ „ 5000 V, „ „ 1500 V	★ grün
Feinmeßgerät 1. Klasse, alt	E
Feinmeßgerät 2. Klasse, alt	F
Betriebsmeßgerät 1. Klasse, alt	G
Betriebsmeßgerät 2. Klasse, alt	H

Klemmenbezeichnung: Positive Klemme durch Pluszeichen. Bei Meßgeräten mit beiderseitigem Ausschlag entspricht dem positivem Polanschluß die rechte Teilungsseite.

5. Merkregeln über den Gebrauch von Meßgeräten

1. Achtung! Bevor Du mißt, überlege:
   Was willst Du messen?
   Wo willst Du messen?
   Wie willst Du messen?
   Ist der gewählte Meßbereich ausreichend für die auftretenden Spannungen und Ströme?
2. Ruhe bewahren! — Selbst wenn kurz vor Feierabend der Kunde noch rasch bedient sein will.
   Auch während der Messung oder danach hat oft schon ein Nachlassen der Aufmerksamkeit beim Messen so manches Gerät in eine Ruine verwandelt.
3. Gib niemals ein Meßgerät an Personen aus, die damit nicht umzugehen wissen.
4. Erst fragen, ehe unbekannte Meßgeräte beschädigt sind. Erfahrene Berufskameraden werden in solchen Fällen gern Rede und Antwort stehen. Aufschriften, Bezeichnungen und Gebrauchsanweisungen brauchen nicht immer zu stimmen. Die niedrigste Spannungsquelle und der gröbste Meßbereich sind auch kein unbedingter Verlaß!
5. Die Axt im Haus erspart den Zimmermann! Auch wenn Du es verstehen solltest, ist das kein Grund, Dein empfindliches Meßgerät bei einer geringfügigen Störung zu zerlegen. Die Reparaturwerkstätte freut sich bestimmt nicht, wenn Du ihr einen Haufen Teile überreichen läßt, die sich nur mit Hilfe von Spezialwerkzeugen vielleicht wieder zu einem Meßgerät zusammenfügen lassen. Irgend etwas ist bestimmt dann doch den Weg alles Irdischen gegangen. Ein neues Meßgerät wird dann auch heute noch billiger sein.
6. Dein Meßfehler wird auch nicht durch die Verstellung der Nullpunktkorrektion verbessert. Die Nullpunktkorrektion wird höchstens mal in Ruhe nach 1000 Betriebsstunden vor einer ganz wichtigen Messung nachgestellt.
7. Dein Meßinstrument ist ein zartes Wesen, Deinen Egoismus verträgt es schlecht. Staub, Feuchtigkeit, Sonne und Hitze töten Dein genaues Gerät schneller als Du es glaubst. Ungleichmäßige Zeigerausschläge bei konstanter Stromquelle sind die ersten Krankheitserscheinungen. Achte auf sie! Kein Öl verwenden!
8. Beachte den Meßbereichschalter bei Vielfachmeßgeräten vor jeder neuen Messung. Der gröbste Meßbereich zuerst und dann die empfindlicheren danach, so ist es richtig!
9. Ablesungen nur in dem Meßbereich, in dem der Zeiger sich auf den größten Skalenwinkel einstellt, da sich ja alle Meßfehler auf den Endausschlag beziehen.
10. Auch das ist noch wichtig! Beachte die Gebrauchslage des Instruments! Die Anzeigegenauigkeit ist dann größer. Störfelder von Hochspannungsleitungen oder fremden Magnetfeldern sind nicht ohne Belang. Achte darauf, daß beim Putzen der Glasscheibe die Reibungselektrizität nicht den Zeigerausschlag beeinflußt.
    Verstelle nie den magnetischen Nebenschluß in Deinem Meßgerät. Du änderst sofort die Eichung des Instruments.
    Schone Dein Meßgerät, wo Du es nur kannst; es wird Dir durch lange Lebensdauer danken.

6. Wie erweitere ich den Meßbereich?

In diesem Kapitel ist leider etwas Rechnung nicht zu umgehen. Ich hoffe aber,

damit wenigstens einigen Lesern noch etwas sagen zu können.

In einem Stromkreis fließt der durch das Ohmsche Gesetz bedingte Elektronenstrom von einem Pol zum anderen. Verluste an Strom gibt es nicht. Verbraucht wird weder Spannung noch Strom, sondern bekanntlich nur Leistung. Der Strom (Stromstärke) ruft allerdings durch Wärmeentwicklung Energieverluste, die sogenannten Stromwärmeverluste (Kupferverluste), hervor; sie sind bei Meßgeräten sehr klein.

Bei jeder Stromverzweigung verhalten sich die Zweigströme umgekehrt wie die Widerstände ihrer Zweige, d. h. dort, wo der größere Widerstand vorhanden ist, fließt der kleinere Strom.

Diese Erkenntnis läßt sich auch durch Berechnung ermitteln. Zwischen A und B herrscht ein Spannungsunterschied von U Volt (s. Abb. 12).

Von diesen Stromverzweigungsregeln macht man unter anderem Gebrauch bei der Meßbereichserweiterung von Strommessern.

Es bedeuten aus Abb. 12, jetzt in Abb. 13:

$R_1 = R_i$ = Instrumentenwiderstand

$R_2 = R_n$ = Nebenschluß

$I_1 = I_A$ = Instrumentenstrom

$I_2 = I_n$ = Nebenschlußstrom

I = Hauptstrom

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{I_A}{I_n} = \frac{R_n}{R_i} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$\frac{R_n}{R_i} = \frac{I_A}{I_n}$$

$$R_n = \frac{I_A \cdot R_i}{I_n}; \quad I_n = I - I_A$$

$$R_N = \frac{R_i \cdot I_A}{I - I_A} = \frac{R_i}{\frac{I - I_A}{I_A}} = \frac{R_i}{\frac{I}{I_A} - 1}$$

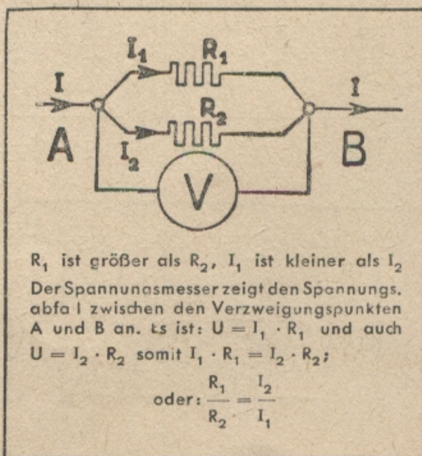
Somit ist der gesuchte Nebenschlußwiderstand, wenn $\frac{I}{I_A} = n$ die Meßvergrößerung bedeutet:

$$R_N = \frac{R_i}{n - 1};$$

$n = \frac{Ri + Rn}{Rn}$

wählt man den Nebenwiderstand gleich $^1/_9$, $^1/_{99}$, $^1/_{999}$ Ohm usw. des Instrumentenwiderstandes, so ist der Meßbereich verzehnfacht, verhundertfacht usw.

Eine andere Art der Meßbereichserweiterung ist folgende: Die stromdurchflossene Spule des Weicheisenstrommessers ist in zwei Teilen ausgeführt, so daß sie durch geeignete Verbinder, Stöpsel oder Laschen hintereinander oder parallel zueinander geschaltet werden kann. Bei Hintereinanderschaltung ist der Strommeßbereich am kleinsten (s. Abb. 14). Bei Parallelschaltung z. B. von nur zwei Wicklungen ist er doppelt so groß (s. Abb. 15). Dieses läßt sich auch bei elektrodynamischen Strommessern anwenden.



R_1 ist größer als R_2, I_1 ist kleiner als I_2

Der Spannungsmesser zeigt den Spannungsabfall zwischen den Verzweigungspunkten A und B an. Es ist: $U = I_1 \cdot R_1$ und auch $U = I_2 \cdot R_2$ somit $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$;

oder: $\frac{R_1}{R_2} = \frac{I_2}{I_1}$

Abb. 12

Bei Wechselstrom benutzt man häufig sogenannte Stromwandier, eine Art Kleintrafos. Da hierbei die Ströme sich umgekehrt wie die Windungszahlen verhalten, so ergibt der Ausschlag mit dem Übersetzungsverhältnis des Stromwand-

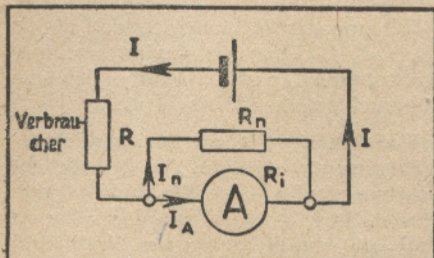


Abb. 13
Strommesser A mit Nebenwiderstand R_n zur Meßbereichserweiterung

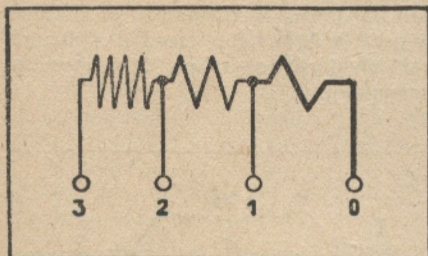


Abb. 14

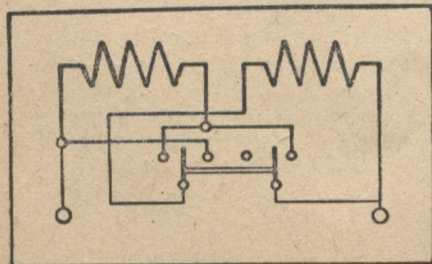


Abb. 15

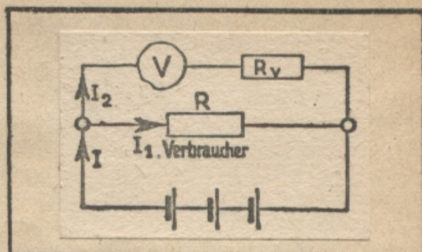


Abb. 16
Spannungsmesser V mit Vorwiderstand R_v zur Meßbereichserweiterung

lers multipliziert die primäre Stromstärke, die man messen will.

Will man mit einem Spannungsmesser eine Meßbereichserweiterung vornehmen, so ist zu bedenken, daß das Instrument nur einen bestimmten Strom verträgt, ohne beschädigt zu werden. Man muß daher, entsprechend der zu messenden Spannung, einen Vorwiderstand (Rv) vorschalten (s. Abb. 16). Derartige Vorwiderstände bringt man in den Instrumenten selbst oder in besonderen Kästchen unter. Ist U der gewünschte Meßbereich, Uv der Meßbereich des Spannungsmessers ohne Vorwiderstand R_v, so errechnet sich R_v zu:

$$R_v = R_i\left(\frac{U}{U_v} - 1\right) = R_i \cdot (n-1)$$

Ohm. R_v ist der Eigenwiderstand des Spannungsmessers.

B. Gleichstrom-, Gleichspannungs- und Ohmmesser

1. Der Drehspulstrommesser

Alle neuzeitlichen Meßgeräte für Gleichstrom haben Drehspulmeßwerke mit einem Dauermagneten aus Stahl, dessen magnetische Kräfte von hoher Beständigkeit sein müssen. An seinen Polen N und S sind halbrund ausgeschnittene Polschuhe P_1 und P_2 befestigt

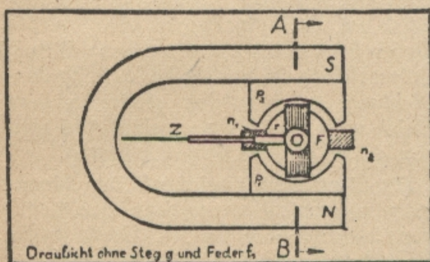


Abb. 17

(s. Abb. 17). Zwischen ihnen steht ein rundes Weicheisenstück, ein Stempel F, der von den Schenkeln n_1 eines Joches aus nichtmagnetischem Metall getragen wird. In dem ringförmigen engen Spalt zwischen Polschuhen und Stempel hängt ein leichter Rahmen r aus Aluminium in zwei Spitzen d_1 und d_2, von denen einer in einem Steg g und der andere in dem Querstück n_3 des Joches in Edelsteinen gelagert ist (s. Abb. 18). Um diese Spitzen kann sich der Rahmen nach beiden Seiten drehen, bis er n_1 und n_2 nahekommt. Der Rahmen trägt eine Spule aus isoliertem Kupferdraht von sehr kleinem Durchmesser. Ihre Wicklungsenden führen zu zwei entgegengesetzt gespannten flachen Spiralfedern f_1 und f_2, deren äußere Enden an Steg und Joch befestigt sind, während die inneren an den Spitzen haften. Steg und Federn sind in unserem Fall vom Körper des Meßgeräts isoliert, f_2 ist auch von d_2 und dem Joch isoliert. Vom Steg und von f_2 führt je ein umsponnener Draht nach einer Anschlußklemme. Über diese Drähte und die Spiralfedern wird der Strom, den man messen will, den Spulenwindungen zugeführt. An der oberen Spitze ist der Zeiger z befestigt. Außerdem sitzen daran zwei Stäbchen, die als Gegengewichte für den Zeiger dienen. Sie werden so abgepaßt, daß auch bei Abweichung von der Gebrauchslage der Meßfehler so klein wie möglich wird. Bei manchen Meßgeräten sind beide Spiralfedern am oberen (vorderen) Drehzapfen angebracht.

Manche Geräte haben Innenspitzenlagerung. Die Spitzen sitzen am beweglichen Organ und die dazugehörigen Pfannen (Edelsteinkalotten) sind im Mittelpunkt der Stirnflächen des Stempels F befestigt. Die Spulen der Feinmeßgeräte sind meistens als schmales Rechteck freitragend gewickelt und mit

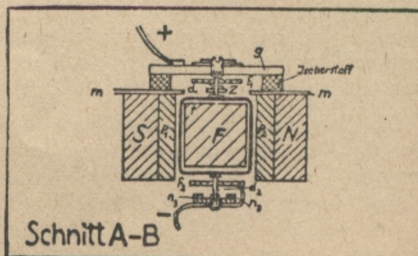


Abb. 18

Isolierlack gehärtet. Der Dämpferrahmen fehlt, an den Schmalseiten befinden sich die Spitzen. Dies ergibt hohe elektrische Empfindlichkeit bei geringem Eigenverbrauch.

Da der Spalt zwischen den Polschuhen sehr eng ist, breitet sich zwischen den Polen des Stahlmagneten und dem Stempel ein starkes magnetisches Feld von großer Gleichförmigkeit aus, dessen Kraftlinien in der Mitte der Polschuhe gradlinig von Pol zu Pol verlaufen. In derselben Richtung wird die Spule von den Federn gehalten. Nach den Enden des Spaltes zu überbrücken ihn die Kraftlinien in Richtung des Durchmessers von F, also radial. Fließt Strom durch die Spule, so baut sich um sie herum ein zweites magnetisches Feld auf, dessen Kraftlinien in Richtung n_1—n_2 liegen (s. Abb. 17 u. 18). Sie suchen sich aber so einzustellen, daß sie denen des ruhenden Feldes gleichgerichtet sind. Infolgedessen muß sich die Spule um ihre Achse drehen, und zwar so weit, bis die Gegenkraft der Spiralfedern der elektromagnetisch erzeugten Drehkraft das Gleichgewicht hält. Die Drehkraft wächst annähernd gleichmäßig mit der Stromstärke. Da auch die Gegenkraft der Federn zunimmt, und zwar mit der Größe des Winkels, um den sich die Spule dreht, so wird die Spule und mit ihr der Zeiger im geraden Verhältnis zur Stromstärke abgelenkt. Doppelte Stromstärke bewirkt doppelte Ablenkung und so fort. Die Skala ist daher ganz gleichmäßig unterteilbar, soweit das Magnetfeld vollkommen homogen ist, was nicht immer der Fall zu sein braucht.

Die Energie, mit der die Spule aus der Ruhelage gedreht wird (das Drehmoment M_d = Kraft mal Hebelarm), hängt ab von der Stromstärke I in der Spule, von der Anzahl der Spulenwindungen W, von der Stärke $\mathfrak{H}$ des magnetischen Feldes und von der Höhe (Länge) L und der Breite B der Spule. Es gilt daher die Gleichung $M_d = I \cdot W \cdot \mathfrak{H} \cdot L \cdot B$.

Manche Stahlmagnete sind nicht hufeisenförmig, sondern nierenförmig gebogen. Hier ist auf einer Seite der Polschuhe, aber von ihnen durch eine Messingscheibe getrennt, ein Stück weiches Eisen als magnetischer Nebenschluß verstellbar angebracht. Seine Lage zu den Polschuhen beeinflußt die Stärke des magnetischen Feldes im Luftspalt und damit die Empfindlichkeit des Meßgeräts. Das Lieferwerk regelt diese durch das Verstellen des Eisenblechs und das Ändern eines Vor- und Nebenwiderstandes zur Spule bei jedem Stück so, daß die Zeiger aller Geräte dieser Bauart trotz der unvermeidlichen Unterschiede in Feldstärke und Spulenwicklung durch gleich starke Ströme gleich weit abgelenkt werden. Alle können daher gleiche Skalen erhalten.

Für Strommesser wird oft der Nennspannungsabfall angegeben, das heißt, der Spannungsabfall im Gerät beim Nennstrom, also bei vollem Zeigerausschlag. Sind es bei einem Strommesser mit drei Meßbereichen bis 30 mA, 300 mA und 3000 mA zum Beispiel 90 mV, so bedeutet dies, daß das Gerät im kleinsten Meßbereich (K—K_3, s. Abb. 19) $\frac{90 \text{ mV}}{30 \text{ mA}} = 3$ Ohm Eigenwiderstand hat,

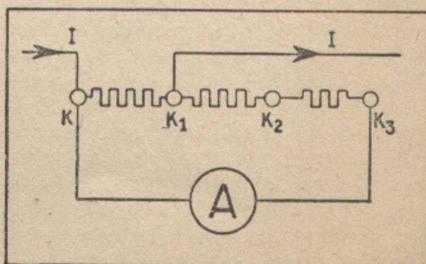


Abb. 19

im mittleren 0,3 Ohm und im großen 0,03 Ohm. Nebenstehendes Prinzipschaltbild zeigt, daß die Nebenwiderstände R_1, R_2 und R_3 in Reihe liegen (s. Abb. 19). Der Strommesser wird mittels der festen Klemme K und je nach dem Meßbereich einer der Klemmen K_1, K_2 und K_3 in den Stromkreis geschaltet. So dienen im angegebenen Beispiel die Klemmen K und K_1 als Stromzuführungen. Die Nebenwiderstände R_2 und R_3 liegen als Vorwiderstände im Strommesserkreis. Strommesser werden in die Strombahn eingeschaltet; sie dürfen nur geringen Eigenwiderstand haben, damit der Strom, dessen Stärke man messen will, nicht merklich geschwächt wird.

2. Der Drehspulspannungsmesser

Aus jedem Drehspulmilliamperemeter kann man durch Wahl eines bestimmten Vorwiderstandes ein Voltmeter bestimmten Spannungsbereichs herstellen. Eigentlich sind es dann auch noch Strommesser, weil ihr Zeiger je nach der Stärke des elektrischen Stromes, der sie durchfließt, mehr oder weniger weit aus der Ruhelage abgelenkt wird. Aber die Skala der Spannungsmesser ist nicht nach Ampere geeicht, sondern nach Volt, und zwar so, daß der Zeiger auf der Teilung jeweils das Produkt der Stromstärke I, die die anliegende Spannung im Meßgerät hervorruft, und dem Eigenwiderstand R des Geräts, das heißt also die Spannung $I \cdot R = U$, zwischen seinen Außenklemmen anzeigt.

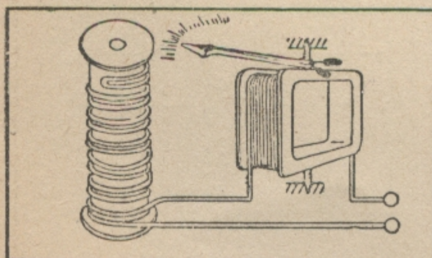


Abb. 20

Spannungsmesser werden an Punkte gelegt, zwischen denen die Spannung gemessen werden soll. Sie müssen daher einen hohen Eigenwiderstand haben, weil sie sonst zuviel Leistung verbrauchen würden, so daß sich die zu messende Spannung ändern könnte oder zusammenbricht.

Spannungsmesser müssen immer denselben bestimmten Eigenwiderstand haben. Entgegen steht, daß der Widerstand des Kupferdrahtes, aus dem die Drehspule gewickelt ist, bei steigender Temperatur zunimmt. Um der Forderung trotzdem soweit wie möglich zu genügen, schaltet man der Spule eine Rolle aus umsponnenen Manganindraht vor, dessen Widerstand bei allen Wärmegraden nahezu unverändert bleibt. Diesem gleichbleibenden großen Zusatzwiderstand (Vorwiderstand) gegenüber sind die durch Temperaturwechsel bedingten Änderungen im Widerstand der beweglichen Kupferspule so geringfügig, daß sie bei dem hohen Gesamtwiderstand des Meßgeräts nicht merklich ins Gewicht fallen. Man sagt, Manganin habe einen sehr niedrigen, Kupfer dagegen einen höheren Temperaturkoeffizienten. Er beträgt bei Kupfer 0,00388, der des Manganins 0,00001 und der des Konstantans 0,000005. Manganin besteht aus 84 Gewichtsteilen Kupfer, 12 % Mangan und 4 % Nickel. Konstantan enthält 58 % Kupfer, 1 % Mangan und 41 % Nickel (s. Abb. 20).

Widerstandsrollen für Meßgeräte müssen frei von Induktivität und möglichst auch von Kapazität sein. Um dies zu erreichen, wickelt man sie bifilar auf Holzspulen oder Messingrohr. Der Strom

durchfließt die beiden Wicklungshälften in entgegengesetzter Richtung, so daß seine magnetischen Wirkungen sich aufheben (s. Abb 20).

Für Spannungsmesser mit mehreren Meßbereichen gibt das Lieferwerk gewöhnlich den Eigenwiderstand je Volt an, wodurch die Angabe der Eigenwiderstände in den einzelnen Meßbereichen entbehrlich wird. Man erhält sie, indem man den Wert für 1 Volt mit dem Endwert jedes Meßbereiches vervielfältigt. Umgekehrt ergibt sich der Eigenwiderstand je Volt aus dem Eigenwiderstand der Meßbereiche durch Teilen mit ihren Endwerten. Ein Gerät zum Beispiel hat 0—3 Volt Ausschlag bei 1000 Ohm Eigenwiderstand, 0—15 V Ausschlag bei 5000 Ohm und 0—150 V bei 50 Kiloohm. Dann ist 1000 : 3 oder bei 50 000 : 150 = 333⅓ Ohm Eigenwiderstand pro Volt.

3. Das Kreuzspulohmmeter

Eine Abwandlung des normalen Drehspulmeßgeräts ist das Kreuzspulmeßgerät, bei dem zwei Spulenrähmchen so angeordnet sind, daß sie einen spitzen Winkel bilden. Man bezeichnet diese Instrumente auch als Quotientenmesser (= Verhältnismesser). Rückstellfedern sind nicht vorhanden. Die Stromzuführungen geschehen über dünnste Goldbändchen, die praktisch keine Richtkraft auf die Kreuzspulen ausüben. In seiner Sonderausführung als T-Spulmeßgerät hat neuerdings dieses Meßgerät in Rundfunkwerkstätten zur bequemen und schnellen Prüfung von Widerständen Eingang gefunden. Eine eingebaute Taschenlampenbatterie liefert die Meßspannung.

Im Betrieb führen die beiden Spulen entgegengesetzte Ströme. Das bewegliche Organ stellt sich so ein, daß beide Drehmomente sich die Waage halten.

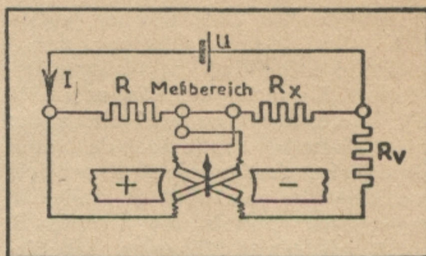


Abb. 21

Die Einstellung hängt also vom Verhältnis der beiden Spulenströme I_1 und I_2 ab. Es gibt zwei Meßverfahren dabei:

a) die Schaltung nach der Stromspannungsmethode. Hier wird das Verhältnis $\frac{U_x}{I} = R_x$ gemessen. Die eine Spule des Kreuzspulinstruments wird über den Nebenschlußwiderstand R an den Betriebsstrom I, die zweite Spule über den Vorwiderstand Rv an den Spannungsabfall $U_x = I \cdot R_x$ angeschlossen. Für gegebene Widerstände R und R_v läßt sich die Instrumentenskala in Ohm eichen (s. Abb. 21).

b) Die Schaltung nach der Stromvergleichsmethode. Die beiden Spulen des Widerstandsmessers liegen in verschiedenen, von der gleichen Spannungsquelle U gespeisten Stromkreisen (siehe Abbildung 22). Bezeich-

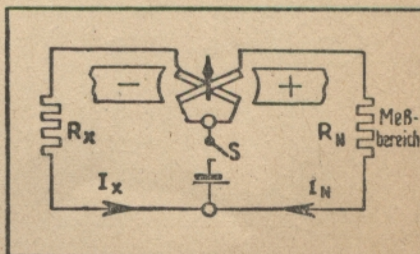


Abb. 22

net man die Spulenwiderstände mit R_1 und R_2, so ist:

$$I_x = \frac{U}{R_x + R_1}, \quad I_n = \frac{U}{R_n + R_2}.$$

Für R_x sehr viel größer als R_1, und R_n sehr viel größer als R_2 ergibt sich:

$$\frac{I_x}{I_n} = \frac{R_n}{R_x}.$$

Die Zeigerstellung hängt also vom Widerstandsverhältnis $R_x : R_n$ ab. Für R_n = const läßt sich die Instrumentenskala in Ohm eichen.

C. Meßgeräte für Wechselstrom niedriger Frequenzen

1. Das Gleichrichter-Drehspulmeßgerät

Meßgeräte mit Drehspule können wegen der Trägheit ihres beweglichen Teils den schnellen, im Bereich der Hörbarkeit liegenden Richtungswechseln von Wechselströmen nicht folgen. Sie sind erst dann zum Messen solcher Ströme brauchbar, wenn jede 2. Halbwelle durch einen Gleichrichter unterdrückt wird oder umgekehrt, so daß nur Halbwellen gleicher Richtung durch die Spule fließen (s. Abb. 23). Diese Wellen wirken auf das Meßwerk wie ein beständiger Gleichstrom, weil sie schnell hintereinander folgen, während die Eigenschwingungen der Drehspule ihnen gegenüber langsam verlaufen.

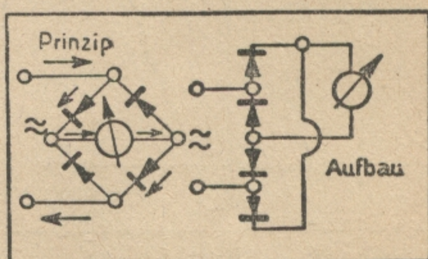


Abb. 23

Gleichrichter-Meßgeräte sind keine reinen Wechselstrommesser. Gleichstrommessungen lassen sich zwar ebenfalls damit vornehmen, aber da der Gleichrichter nur die arithmetischen Mittel aus den Momentanwerten eines sinusförmigen Wechselstroms anzeigt, Gleichstrom aber dem quadratischen Mittelwert (Effektivwert) eines Wechselstroms entspricht, so ist bei Gleichstrommessungen der Gleichrichter nicht ohne weiteres brauchbar. Aus diesem Grunde und auch zur Schonung des Gleichrichters wird man Gleichrichter-Meßgeräte ausschließlich nur bei Wechselstrom verwenden, indem man bei Gleichstrom eventuell den Gleichrichter, ähnlich wie bei Allstromempfängern, kurzschließt.

Der Gleichrichter ist manchmal ein kleiner Röhrengleichrichter, aber häufiger ein Trockengleichrichter, der die Messung einer Wechselgröße mit Hilfe eines empfindlichen Drehspulinstruments gestattet. Man mißt so die an dem Gleichrichter auftretende Gleichspan-

nung oder den Gleichstrom, der der Wechselgröße über die Gleichrichterkennlinie proportional ist.

Das Meßwerk zeigt aber nicht den Höchstwert (Amplitude) des Wechselstroms an, weil der Strom diesen Wert oder nahe benachbarte Werte nur sehr kurze Zeit beibehält. Er stellt sich vielmehr auf einen nur bei sinusförmigem Wechselstrom gültigen eingeeichten Wert ein (den Unterschied zwischen dem linearen Mittelwert und dem quadratischen Effektivwert).

Ein Meßgleichrichter muß möglichst kapazitäts- und selbstinduktionsarm sein,

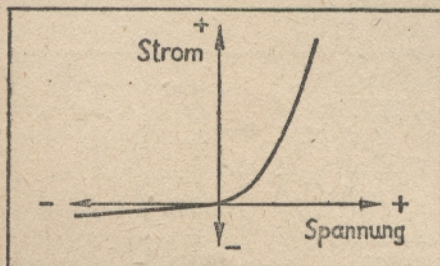


Abb. 24

damit er möglichst frequenzunabhängig arbeitet. Außerdem soll er einen geringen Eigenverbrauch haben und keine große materialbedingte Empfindlichkeit gegenüber Temperaturschwankungen aufweisen. Meist werden bei Beachtung der Kennlinie des Meßtrockengleichrichters die Skaleneinteilungen bei Drehspulinstrumenten nicht mehr linear sein (s. Abb. 24). Leider sind die Trockengleichrichter manchmal für eine geringe Überlastung schon so empfindlich, daß sich die Kennlinie erheblich und damit auch die Zeigerausschläge ändern. Meist merkt man dies erst durch Kontrollmessungen mit anderen Geräten. Auch infolge Alterns des Gleichrichters ist eine häufigere Kontrolle von Ventilmeßgeräten

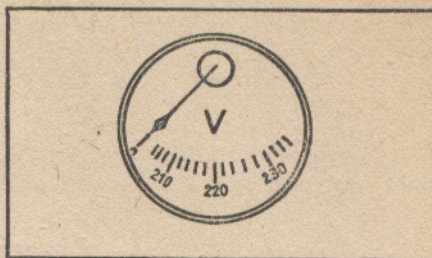


Abb 25

durchaus am Platze. Der Widerstand der Trockengleichrichter ändert sich auch stark mit der Temperatur, und zwar nimmt er entgegen dem Verhalten der Metalle mit steigender Temperatur ab. Da auch die Richtfähigkeit der Selen- und Kupferoxydulgleichrichter sich etwas mit der Temperatur ändert, aber umgekehrt wie der Widerstand, läßt sich die Temperaturabhängigkeit mit einem mäßig großen Vorwiderstand aus Metall ausgleichen.

Ein interessantes Beispiel für Meßgeräte mit Meßgleichrichter ist ein Sollspannungsmesser mit unterdrücktem Nullpunkt für eine Wechselspannung von 220 Volt und 50 Hz. Dieses Überwachungsgerät zeigt nur wenige Prozent ober- oder unterhalb des Spannungssollwertes, über die gesamte Skalenlänge verteilt, an (s. Abb. 25). Der Aufbau ist sehr einfach: Über einen kleinen Netztrafo wird die Netzspannung auf etwa 10 V heruntertransformiert (s. Abb. 26). Über einen Vorwiderstand R gelangt der Strom I an eine Parallelschaltung einer Kleinstglühlampe mit einem Meßwerk-Gleichrichterkreis. Die Glühlampe gilt als Nebenwiderstand zum Meßkreis und ist somit für die Stromaufnahme desselben maßgebend. Das Verhalten von kalter Lampe zu leuchtender Lampe (zuerst starke Stromaufnahme und beim Glühen dann einigermaßen proportional blei-

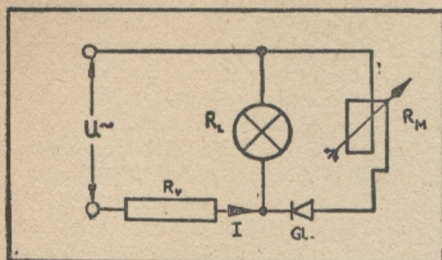


Abb. 26

bend) läßt die Anfangsbereiche bis etwa 8 V auf dem Meßwerk nur geringfügig anzeigen, von da ab spricht das Meßwerk normal an. Infolge der nicht linearen Kennlinie des Gleichrichters kann man die Unterdrückung der Anfangsbereiche noch stärker in Erscheinung treten lassen. Auch läßt sich durch Einstellung einer gewissen Vorspannung der Torsionsfedern des Meßwerks ebenfalls die Wirkung noch steigern. Man kann also mit Hilfe dieser Einrichtung aus einem normalen Betriebsinstrument mit der Güteklasse 1,5 ein solches mit einer Absolutgenauigkeit von 0,2 % machen.

2. Das Ferraris- oder Induktionsmeßgerät

Dieses Meßwerk ermöglicht Messungen der Wirkleistung, ist aber nur für Wechselstrom geeignet. Eine drehbar gelagerte Aluminiumtrommel bewegt sich im Kraftlinienfeld paarig zueinander angeordneter Spulen, die auf einem geschlossenen Eisenkern sitzen. Die Spulenpaare erzeugen durch Wirbelströme ein Drehmoment in der Aluminiumtrommel (s. Abb. 27). Das Induktionsmeßwerk ist bei entsprechender Schaltung der festen Feldspulen auch zur Bestimmung des Leistungsfaktors geeignet, wenn die Aluminiumtrommel durch eine freigewickelte Spule ersetzt wird; die Richtkraftfeder, die bei anderen Meßwerken den Zeiger in Nullstellung zurückführt, fällt hier fort.

3. Der Zungenfrequenzmesser

Der Zungenfrequenzmesser ist ein Frequenzmesser für niedrigere Frequenzen, meist ist er zur Messung der Netzfrequenz von 50 Hz gebaut, das bedeutet, daß Frequenzen von 47 Hz bis 53 Hz auch noch meßbar sind. Er besteht aus einem Elektromagnet M, dessen Wicklung von dem Strom, dessen

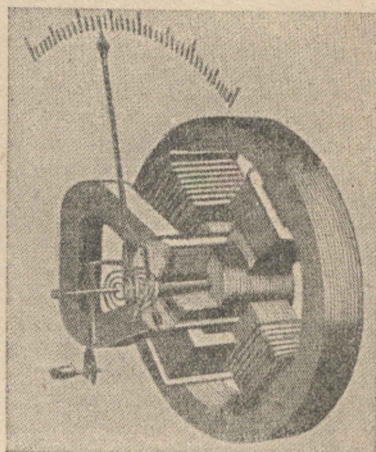


Abb. 27

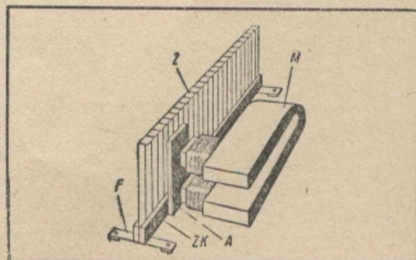


Abb. 28

Freq̈uenz bestimmt werden soll, durchflossen wird, und einem vor den Magnetpolen liegenden Anker A, der durch den Zungenkamm ZK auf eine Anzahl Metallzungen Z mit gleichmäßig abgestuften Eigenfrequenzen (s. Abb. 28). Die Zunge mit der tiefsten Eigenfrequenz bildet die untere, die Zunge mit der größten Eigenfrequenz die obere Grenze des Frequenzbereichs. Stimmt die Frequenz des Spulenstroms mit der Resonanzfreqenz einer bestimmten Zunge überein, so gerät diese in lebhafte mechanische Schwingungen, die deutlich erkennbar sind. Die Zungen sind dann in Frequenzen geeicht.

D. Meßgeräte für beide Strom- und Spannungsarten

1. Vielfach- oder Universalmeßgeräte

Man hat natürlich auch Geräte, mit denen Stromstärke und Spannung oder Spannung und Widerstand oder alle drei Arten gemessen werden können. Ihr Skalenblatt trägt gewöhnlich mehrere Teilungen untereinander. Manche Geräte haben mehrere Meßbereiche. Die Teilung gibt dann nur die Werte des einen Bereichs richtig an, in den anderen Bereichen muß man die Zahl, auf welche der Zeiger weist, mit einer Umrechnungszahl malnehmen, um den Wert richtig zu erhalten, z. B. das Multavi I von Hartmann & Braun (s. Abb. 29 u. 30). Zuweilen sind jedoch die Werte für zwei verschiedene Meßbereiche über und unter der Teilung geschrieben.

Andere Instrumente besitzen mehrere Meßbereiche für Gleichstrom und Gleichspannung, Wechselstrom und Wechselspannung. Sie benutzen nur eine Skala für die Gleichstrom- und Spannungsbereiche und eine darunterliegende, wie zum Beispiel das Multizet von Siemens & Halske in rotem Druck für Wechselgrößenmessungen. In der Mitte befindet sich im Gehäusekasten ein 26poliger Rastenschalter, dessen Skala in vier Quadranten eingeteilt ist. Je einer für Gleichstrom und -spannung und je einer in roter Farbe für Wechselstrom und

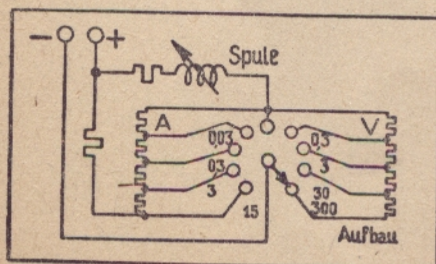


Abb. 29

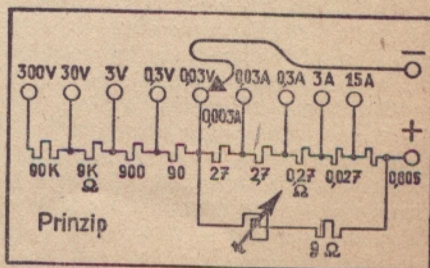


Abb. 30

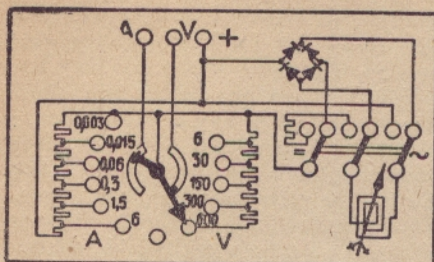


Abb. 31

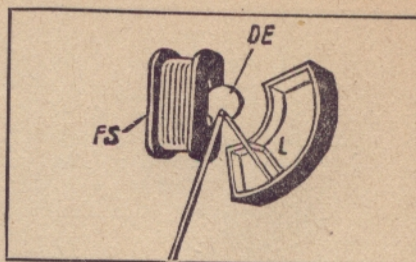


Abb. 32

-spannung. Durch eine Schaltnocke an der Achse des Rastenschalters wird automatisch ein zusätzlicher Federkontakt betätigt zwecks Umschaltung von Gleich- auf Wechselstrom. Bei dem Multavi II von Hartmann & Braun erfolgt die Umschaltung durch einen zusätzlichen dreipoligen Schalter (s. Abb. 31). Diese Konstruktion wenden übrigens die meisten Geräte in- und ausländischer Fabrikate an. Die Firma Neuberger und der französische Super Contrôleur haben wieder keine Meßbereichumschaltung, sondern Buchsen für die verschiedenen Meßbereiche. Der Vorteil liegt hierbei in einer geringeren Bauhöhe.

2. Das Weicheisen- oder Dreheisenmeßgerät

Man unterscheidet zwei Bauarten: Das Flachspul- und das Rundspul-Dreheisenmeßwerk. Das Prinzip der Flachspul-Dreheisengeräte ist folgendes: Die Flachspule FS weist einen schmalen Schlitz auf, in den ein unsymmetrisch gelagertes Eisenplättchen DE hineinragt (s. Abb. 32). Sobald ein Meßstrom die Spule durchfließt, zieht sie das Eisenplättchen in sich hinein, und zwar je nach der Stromstärke mehr oder weniger tief. Dadurch dreht sich das Eisenplättchen um seine Lagerung, und mit ihm bewegt sich der an ihm befestigte Zeiger über die Skala. Die Zeigerbewegung wird durch den in der Luftkammer L sich bewegenden Bremsflügel gedämpft.

Bei dem Rundspul-Dreheisengerät wird die Ablenkung des Zeigers D durch das Drehmoment bewirkt, welches der Eisenstreifen C im Magnetfeld der vom Meßstrom durchflossenen runden Spule A erfährt. Dieses Magnetfeld magnetisiert nicht nur den drehbar gelagerten Eisenstreifen C, sondern auch das in der Spule befestigte Eisensegment B, und zwar beide gleichsinnig. Die Folge ist, daß C von B abgestoßen wird, und zwar um so stärker, je größer die Stromstärke ist. Die Achse ist in Halbedelsteinen gelagert, und mit C dreht sich der daran befestigte Zeiger D, dessen Bewegung durch den in der Luftkammer F liegenden Bremsflügel E abgebremst wird (s. Abb. 33). Der bewegliche Teil wiegt etwa 0,25 bis 1 Gramm. Da die Richtung des erzeugten Drehmoments von der Stromrichtung unabhängig ist, können die Dreheisengeräte zur Messung von Gleichstrom und Wechselstrom verwendet werden. Weil der volle Meßstrom die Feldspule durchfließt, ist der Leistungsverbrauch sehr groß; für mäßige Ströme sind die Kräfte beiläufig dem Quadrat der Stromstärke proportional. Die Ausschläge für schwache Ströme werden unbrauchbar klein.

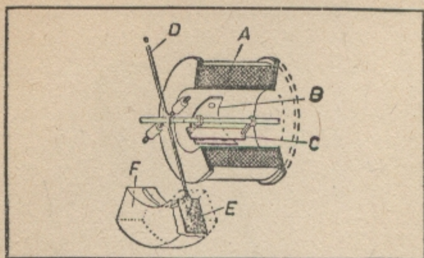


Abb. 33

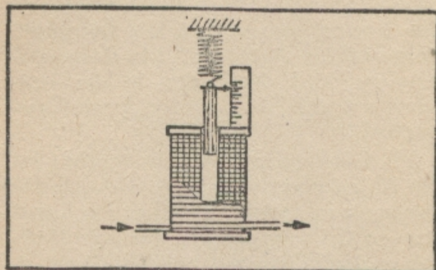


Abb. 34

Eine sehr einfache Konstruktion für senkrechte Gebrauchslage ist die Federstromwaage. Eine vertikale Spule zieht einen an einer elastischen Feder aufgehangenen Eisenkörper je nach Stromstärke mehr oder weniger tief in sich hinein (s. Abb. 34). Die Ablesung kann entweder am Eisenkörper selbst oder an einem von ihm bewegten Zeiger erfolgen.

3. Der statische Spannungszeiger

Für belastungslose Gleich- und Wechselspannungsmessungen ist das statische Voltmeter bestimmt. Erst bei verhältnismäßig hohen Frequenzen wirkt sich die Kapazität des Meßwerks als Blindbelastung aus. Im Prinzip besteht das Meßwerk aus zwei festen und einer beweglichen Kondensatorplatte. Die bewegliche ist entweder direkt oder durch eine Übersetzung mit dem Zeiger verbunden. Eine feste Platte und eine bewegliche bilden gemeinsam den einen Anschlußpol, die zweite feststehende Platte den Gegenpol (s. Abb. 35). Unter Spannung stößt die feststehende Platte die mit ihr verbundene ab, die gegenüberliegende Platte zieht die bewegliche an. Statische Meßwerke müssen empfindlich gelagert sein und sprechen erst bei verhältnismäßig hohen Spannungen an. Neuerdings sind durch Fadenaufhängung mit optischer Anzeige erheblich größere Empfindlichkeiten erreicht worden, und zwar kommt man bis auf 20 V bei Vollausschlag herunter.

Das Multizellularinstrument von Hartmann & Braun ist eine andere Ausführung der statischen Spannungsmesser. Bei Meßbereichen bis etwa 1500 V verwendet man als bewegliches Organ eine oder mehrere Nadeln, die durch ein elektrostatisches Feld beeinflußt werden. Der bewegliche Teil besteht aus einer größeren Anzahl parallel liegender Aluminiumnadeln, von denen jede in einer Metallkammer schwingt

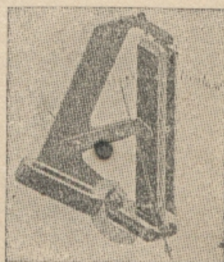
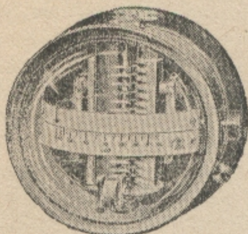


Abb. 35

(s. Abb. 36). Die zu messende Spannung liegt zwischen Metallkammern und beweglichem Organ. Bei angelegter Spannung U werden die Nadeln durch das elektrostatische Feld in die Kammern hineingezogen, bis die Torsion des Auf-

hängebandes diesem Drehmoment das Gleichgewicht hält. Die Empfindlichkeit des Instruments ist durch die Verwendung mehrerer Nadeln wesentlich erhöht. Das ganze Meßwerk ist metallisch abgeschirmt. Die Skala ist nahezu linear. Meßbereich von etwa 150 V an.

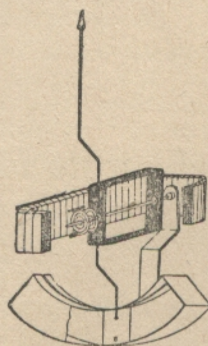

Abb 36

4. Das elektrodynamische Meßwerk

Dem Äußeren nach recht verschieden, dem Drehspulinstrument in der Wirkungsweise aber doch verwandt, sind die auf ferromagnetischem Prinzip beruhenden Meßgeräte. Bei einigen von ihnen ist lediglich der Dauermagnet durch einen eisenhaltigen Elektromagneten ersetzt, und dadurch wird das Feld in dem Luftspalt zwischen dem Eisenkörper und dem zylindrischen Eisenkern erzeugt. Kehrt man die Richtung des Stromes in der Drehspule um, so ändert sich auch die Richtung des magnetischen Feldes, bleibt daher die Drehungsrichtung des Zeigerausschlages auch gleich. Durch das eigentümliche Verhalten des Eisens bei der Magnetisierung und Entmagnetisierung (Hysteresiskurve) können die ferrodynamischen Instrumente nicht als Präzisionsmeßgeräte angesprochen werden.

Man unterscheidet eisenlose elektrodynamische Instrumente. Sie haben weder Eisen im Meßwerk noch in der Abschirmung. Eisengeschirmte elektrodynamische Instrumente sind zwar ohne Eisen im eigentlichen Meßwerk gebaut, sie haben aber zur Abschirmung von Fremdfeldern einen besonderen Eisenschirm. Das Gehäuse aus Eisenblech gilt nicht als Schirm im Sinne dieser Begriffserklärung, obwohl es den Zeigerausschlag bei fast allen Meßgeräten bedeutend beeinflußt. Eisengeschlossene elektrodynamische Instrumente haben Eisen im Meßwerk in solcher Anordnung, daß dadurch eine wesentliche Steigerung des Drehmoments erzielt wird. Sie können mit oder ohne Schirm ausgeführt werden. Alle diese Instrumente sind meistenteils als Leistungsmesser konstruiert worden.

Bei den eisenlosen dynamometrischen Meßgeräten besteht das Meßwerk aus einer festen Feldspule, in deren homogenem Feld als bewegliches Organ die Drehspule gelagert ist. Die Stromzuführung übernehmen hierbei zwei Spiralfedern (s. Abb. 37). Werden beide Drehspulen von elektrischen Strömen durchflossen, gleichgültig, ob beide hintereinander oder parallel geschaltet sind, so entsteht ein Drehmoment. Als Leistungsmesser geschaltet ist der Zeigerausschlag der verbrauchten Leistung proportional, und das Meßgerät hat damit


Abb. 37

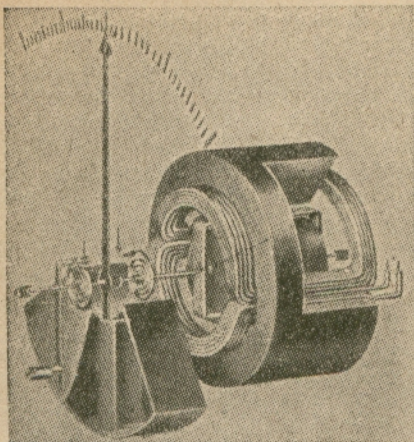


Abb 38

eine lineare Skala. Um den Fremdeinfluß auszuschalten, verwendet man astatische Leistungsmesser, die zwei gegeneinander geschaltete Spulenpaare besitzen. Andere Konstruktionen verwenden einen starken Eisenpanzer, der die magnetischen Fremdfelder fast völlig abschirmt.

Eisengeschlossene dynamometrische Leistungsmesser sind in der Hauptsache Betriebsinstrumente für Wechselstrombetrieb. Hierbei ist das feste Spulenpaar in einen lamellierten Eisenring eingebaut und liegt im Strompfad (s. Abb. 38). Die Drehspule liegt im Spannungspfad, sie wird dadurch mit einer Kraft abgestoßen, die dem Quadrat der Stromstärke verhältnisgleich ist. Infolge der Trägheit des beweglichen Teils stellt sich bei Wechselstrom eine mittlere Zeigerstellung ein. Die Skala gilt auch für Gleichstrom. Die eisengeschlossenen Meßwerke für Gleichstromleistungsmessungen besitzen im Gegensatz zu Wechselstromleistungsmessern eine bewegliche Stromspule, während sie sonst um den feststehenden Eisenkern gewickelt und die Spannungsspule drehbar ist. Wegen der Remanenz des Eisens kann die Stromspule bei Gleichstromleistungsmessern nicht um den Eisenkern gewickelt werden.

E. Meßgeräte für Gleichstrom, Nieder- und Hochfrequenz

1. Das Hitzdrahtinstrument

Hitzdrahtinstrumente haben heute nicht mehr die Bedeutung wie zu Beginn der funktechnischen Entwicklung, sie werden meist durch Drehspulmeßwerke mit Thermokreuz ersetzt. Leider sind sie selbst gegen geringfügige Überlastung sehr empfindlich.

Das Hitzdrahtmeßwerk eignet sich hauptsächlich für Hochfrequenzmessungen, da seine Arbeitsweise auf der Wärmeausdehnung eines Platin-Iridiumdrahtes beruht. Die Wärmewirkung eines Stromes ist bekanntlich unabhängig von der Frequenz, denn der Effektivwert des Wechselstroms entspricht dem Wert eines Gleichstroms unter

sonst gleichen Bedingungen. Der Strombedarf des Hitzdrahtmeßwerks ist leider außerordentlich groß. Als besondere Vorteile sind die völlige Frequenzunabhängigkeit und die richtige Anzeige auch bei verzerrter Kurvenform des zu messenden Wechselstroms. Durch das Durchfließen des Meßstroms im Platindraht wird dieser länger und biegt sich

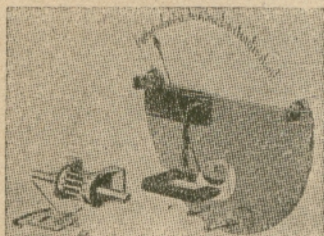


Abb. 39

durch. Ein gespannter Faden überträgt diese Verlängerung auf den Zeiger (s. Abb. 39). Seine Ablenkung ist damit dieser Durchbiegung verhältnisgleich, und diese ist wiederum dem Quadrat der effektiven Stromstärke proportional. Hitzdrahtinstrumente werden daher mit Gleichstrom geeicht. Ihre Empfindlichkeit läßt sich durch Einschluß des Hitzdrahts in ein hohes Vakuum bedeutend steigern.

Um die Angaben des Hitzdrahtmeßwerks von den Temperaturschwankungen des Meßraums unabhängig zu machen, ist mitunter das ganze System auf eine Grundplatte aufgebaut, die aus mehreren Teilen verschiedener Metalle besteht, deren gemeinsamer Ausdehnungsgrad gleich dem des Hitzdrahts ist.

Die ungleichmäßige Skalenteilung kann man durch geeignete Formgebung der Fadenrolle auf der Zeigerachse annähernd linear gestalten.

2. Das Thermokreuz-Drehspulinstrument

Für die Messung hoher und höchster Frequenzen und bei Messungen, wo es auf kleinsten Eigenverbrauch des Meßgeräts ankommt, verwendet man Drehspulmeßgeräte in Verbindung mit Thermoumformern. Der zu messende Strom durchfließt einen dünnen Heizdraht, dessen entwickelte Wärme auf ein Thermoelement einwirkt. Heizdraht und Thermoelement können galvanisch miteinander verbunden oder auch voneinander getrennt sein. Die vom Heizdraht erzeugte Wärme ist dem Quadrat des Meßstroms proportional. Da die von Thermoelementen abgegebene Spannung annähernd linear mit der Temperatur steigt, hängen Anzeige und Meßstrom annähernd quadratisch zusammen. Um mit möglichst kleinem Eigenverbrauch auszukommen, gelangen nur hochwertige Meßgeräte mit geringem Innenwiderstand zur Verwendung, häufig solche, bei denen, um die Reibung sehr klein zu halten, die Drehspule nicht mehr spitzengelagert, sondern an einem Faden aufgehängt ist.

Man bildet zum Beispiel ein Thermokreuz dadurch, daß der Heizdraht zwischen den Stromleitern A und B auf zwei thermisch verschiedene Drähte einwirkt, die kreuzweise umeinander ge-

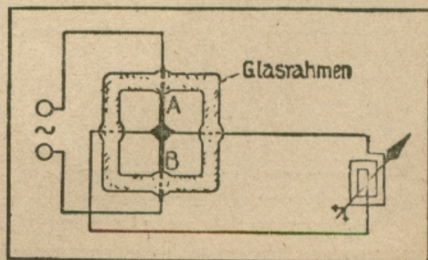


Abb. 40

schlungen oder verlötet, meistens verschweißt sind. Diese Drähte sind etwa Platin - Nickel, Konstantan - Eisen oder Manganin. Kupfer-Konstantan liefert bei 100 ° C etwa 4 mV Gleichspannung. Dieses Thermokreuz wird zu einem die Thermokraft messenden Galvanometerkreise geschlossen (s. Abb. 40). Für jeden Meßbereich muß man am besten ein anderes Thermokreuz verwenden, da es sehr empfindlich gegen Überlastung ist. Das Verhältnis des Meßwerkinnenwiderstands zum Thermokreuz spielt eine große Rolle. Die empfindlichsten Thermokreuze sind in luftleere Glastränen eingeschmolzen. Eine einfache Möglichkeit, die Thermoelemente bis zu Frequenzen von etwa 100 KHz überlastbar zu machen, besteht in der Parallelschaltung von Trockengleichrichtern zu den Thermoheizern. Infolge der Krümmung der Gleichrichterkennlinie (s. Abb. 24) wirkt der Gleichrichter erst bei dem gewählten Überlastungsbereich als Nebenschluß, wodurch der Thermoheizer geschützt wird.

F. Der Selbstbau eines Dreheisen-Meßgeräts

Zunächst stellen wir uns einen rechteckigen Spulenrahmen aus etwa 0,5 mm starkem, nichtmagnetischem Material her. Die einzelnen Teile werden ausgesägt, bei Verwendung von Blechen rechtwinklig gebogen, gebohrt und schließlich zusammengesetzt (s. Abb. 41 u. 42). Aus 0,5 mm starkem Weißblech wird sodann ein Scheibchen nach der in der Abb. 43 gezeigten Form mit 15 mm größter Länge und Breite ausgeschnitten. An der schmalen Seite wird, 2 mm vom Rande entfernt, mit einem Bohrer ein kleines Loch gebohrt und darauf das Blechscheibchen gut ausgeglüht und sehr langsam erkalten lassen. Eine Stecknadel wird auf 37 mm Länge abgezwickt und an der stumpfen Seite sorgfältig spitz gefeilt und geschliffen. Sie soll als Achse unseres beweglichen Systems dienen. Als Lager für die Spitzen dienen zwei kleine Vertiefungen. Die eine befindet sich in dem rückwärtigen Blech der rechten Spulenendscheibe, die andere in einem schmalen Messingblechstreifen, der an der Vor-

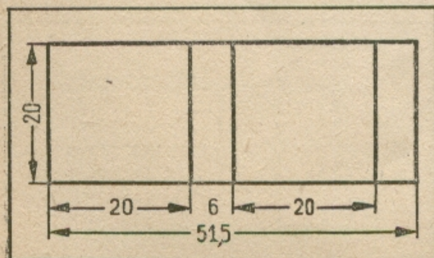


Abb. 41

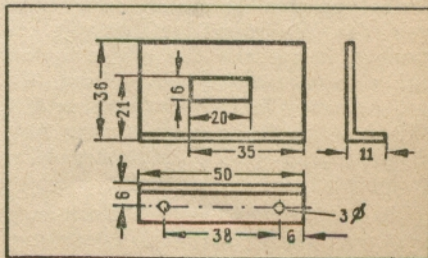


Abb. 42

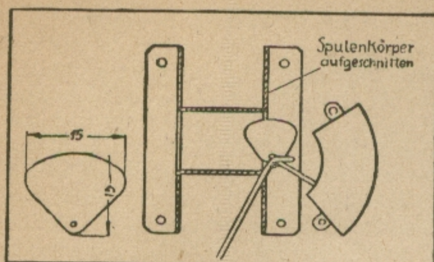


Abb. 43

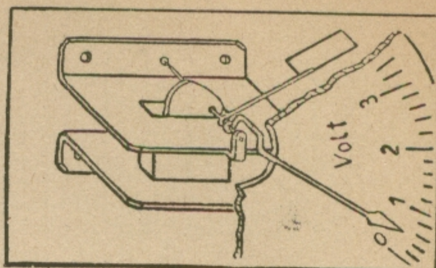


Abb. 44

derseite der Spule an entsprechender Stelle befestigt ist. Durch Hin- und Herbiegen dieses Streifens können wir den Abstand der beiden Lager so regeln, daß die Achse leicht läuft. Auf der Achse wird unser Eisenscheibchen befestigt, so daß es in der Mitte des Spuleninnern leicht beweglich ist. Aus etwa 0,5 mm starkem, glatt gerecktem Kupferdraht wird der Zeiger hergestellt. Die Spitze wird breit gehämmert und dann mit der Schere lanzettförmig geschnitten. Aus der Abb. 44 geht hervor, wie der Zeiger gebogen, an der Achse angelötet und an der rechten Seite mit einem Gegengewicht, dem Windflügel, versehen wird. Da das Instrument später nur in senkrechter Lage benutzt werden soll, ersparen wir uns die Rückstellspiralfedern.

Wir kommen nun zum Bewickeln der Feldspule. Die Wicklung richtet sich danach, ob wir das Instrument als Voltmeter oder Amperemeter verwenden wollen und wie stark die Ströme bzw. wie hoch die Spannungen sind, die es anzeigen soll. Nehmen wir das Instrument als Voltmeter für den Meßbereich 0—6 Volt an. Der die Spule durchfließende Meßstrom soll höchstens 100 mA betragen. Nach dem Ohmschen Gesetz muß der Widerstand der Spule mindestens $\frac{6{,}0\ \text{V}}{0{,}1\ \text{A}} = 60$ Ohm betragen. Bei Verwendung von isoliertem Kupferdraht von 0,1 mm Durchmesser würden wir etwa 30 bis 40 m aufzubringen haben. Die Spule wird vorher mit Wachspapier belegt und jede Lage wird wiederum mit flüssigem Paraffin, das aus alten unbrauchbaren Becherkondensatoren geschmolzen wird, bestrichen. Die Zeigerspitze soll von 0 bis 6 V etwa einen Viertelkreis von 90 ° beschreiben. Ist der Ausschlag zu gering, müssen wir Zeiger und Gegengewicht leichter machen oder mehr Windungen eines stärkeren Drahtes auf die Spule bringen und umgekehrt. Wollen wir Spannungen über 6 Volt mit unserem Instrument messen, so brauchen wir einen Widerstand. Dieser Vorschaltwiderstand wird mit dem Voltmeter in Reihe geschaltet. Seine Größe in Ohm muß den Widerstand des Instruments einschließen und z. B. bei 120 Volt mindestens 1200 Ohm betragen und etwa 12 Watt Belastung vertragen. Zu beachten ist ferner der Anzeigefehler im Meßgerät 0—6 V infolge des Temperaturfehlers des Kupfers mit etwa 4 % pro 10 ° C.

Soll unser Meßgerät als Amperemeter Verwendung finden, so brauchen wir weniger Windungen eines stärkeren Drahtes. Zwei bis drei Lagen eines isolierten Drahtes von 1,5 mm Durchmesser werden für unsere Zwecke geeignet sein. Wollen wir schwache Ströme messen, werden die Spulenwindungen nicht unterteilt. Bei starken Strömen ist

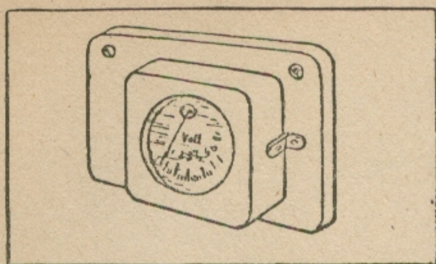


Abb. 45

es möglich, Anzapfungen an den Spulenwindungen nach außen zu führen oder mehrere Spulenteile parallel zu schalten (s. Abb. 15 u. 16).

Zum Schluß wird die fertige Spule an den vier Ecken auf ein Grundbrett aufgeschraubt, die Achse mit dem Zeiger und Eisenplättchen eingesetzt und die Wicklungsenden zu Buchsen geführt. — Einige Millimeter unter der Zeigerspitze wird eine Skala aus weißem Karton angebracht. Das Gegengewicht, das aus dünnem Material als Dämpfungsflügel ausgebildet ist, darf sich gerade noch frei in einer Luftkammer bewegen. Diese Luftkammer ist unten offen, an der linken inneren Seite befindet sich ein Schlitz zum Durchführen des Zeigerdrahtes. Die Luftkammer kann aus steifem Karton hergestellt werden und richtet sich nach den Ausmaßen des Windflügels bei der Bewegung. Eisen darf beim Aufbau des Instruments nur für die Eisenscheibe und die Achse verwendet werden. Ein Gehäuse aus Holz mit Glasfenster schützt das Meßwerk gegen Luftströmungen und Beschädigungen (s. Abb. 45).

Die Eichung des Meßgeräts wird unter Zuhilfenahme geliehener Volt- oder Amperemeter erfolgen. Bei der senkrechten Aufstellung müssen Nullpunkt und Zeigervollausschlag symmetrisch zueinander liegen. Andernfalls wird durch Gegengewichtsänderung oder Biegen des Zeigers nachgeholfen. Durch Vergleich mit den geliehenen Instrumenten werden die einzelnen Skalenpunkte in aufsteigender und absteigender Reihenfolge festgelegt und bei Differenzen die Mittelwerte aus zwei Ablesungen endgültig bezeichnet.

G. Meß-Schaltungen mit Meßinstrumenten

a) Schaltungen mit Strommessern

Drehspul-Strommesser nur für Gleichstrom.

Strommesser mit Nebenwiderstand (Shunt) (s. Abb. 46 und Seite 13).

$$R_{N\,(\Omega)} = \frac{R_{i\,(\Omega)} \cdot i_{(mA)}}{I_{(mA)} - i_{(mA)}}$$

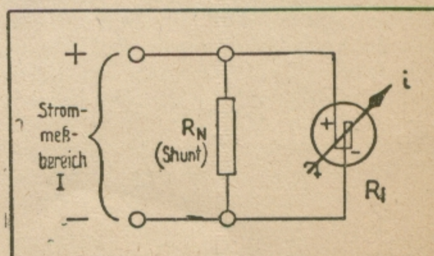


Abb. 46

Weicheisen - Strommesser für Gleich- und Wechselstrom.

Normale Schaltung (s. Abb. 47).

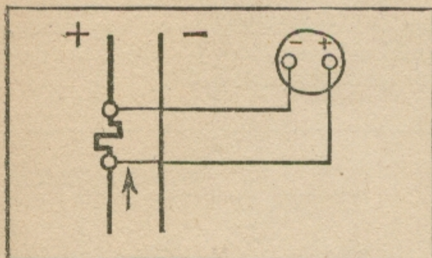


Abb. 47

Mit Umschalter für zwei Stromkreise (s. Abb. 48).

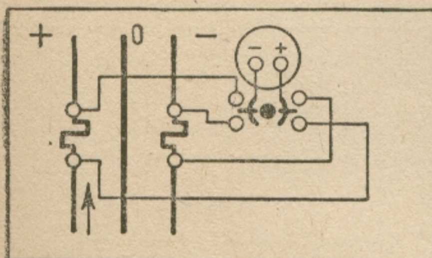


Abb. 48

Wechselstrom höherer Stärke (s. Abb. 49).

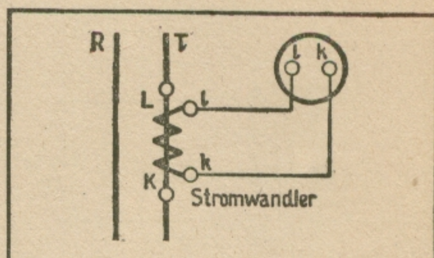


Abb. 49

Hochspannung (s. Abb. 50).

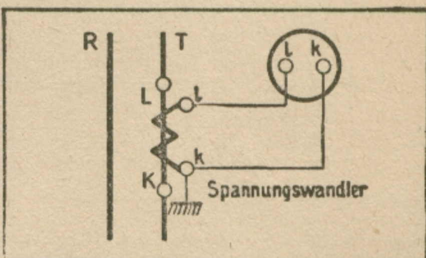


Abb. 50

b) Schaltungen mit Spannungsmessern

Die Größe des Vorwiderstandes R_v richtet sich nach dem Meßbereich U und der Empfindlichkeit des Meßwerks (s. Abb. 51 und Seite 14).

$$R_{v\,(\Omega)} = \frac{U_{(v)} \cdot 1000}{i_{(mA)}} - R_{i\,(\Omega)}$$

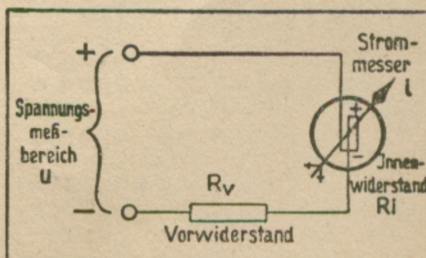


Abb. 51

c) Leistungsmesser-Schaltungen

Leistungsverbrauch der Spannungsspule kommt bei genauen Messungen hinzu. (s. Abb. 52)

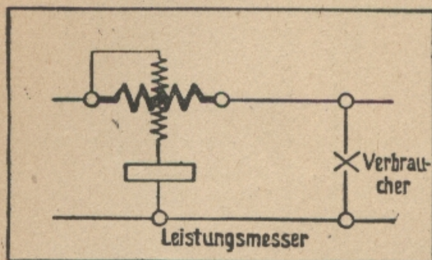


Abb. 52

Leistungsverbrauch der Stromspule kommt bei genauen Messungen hinzu. (S. Abb. 53)

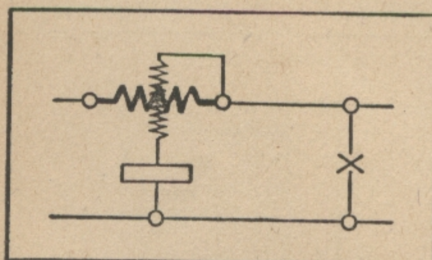


Abb. 53

d) Widerstandsmesser-Schaltungen

Die Bestimmung des Ohmwertes von Widerständen nach der Strommessung bei konstanter Betriebsspannung ist eine der einfachsten und für Serienmessung ausreichend genauen Methoden. Derartige Widerstandsmesser werden mit entsprechender Eichung als Ohmmeter ausgeführt oder man verwendet Strommesser und rechnet die gemessenen Ströme nach einer Kurve oder mit Hilfe einer Vergleichsskala in Widerstandswerte um. Diese Widerstandsmessung ist selbstverständlich nur für Gleichstrom durchführbar. Bei Kurzschluß der Klemmen für R_x zeigt das Meßgerät also seinen Endausschlag. Um den beim Altern der Trockenbatterie sich erhöhenden Innenwiderstand auszugleichen, wird bei Ohmmetern R_v teilweise regelbar gemacht (s. Abb. 54).

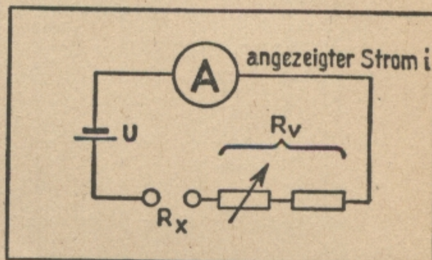


Abb. 54

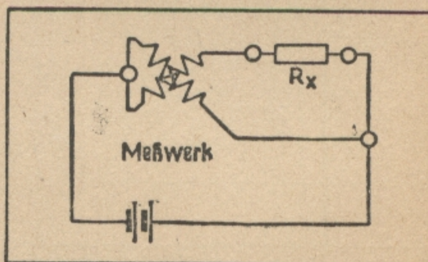


Abb. 55. Widerstandsschaltung mit Kreuzspulmeßgeräten.

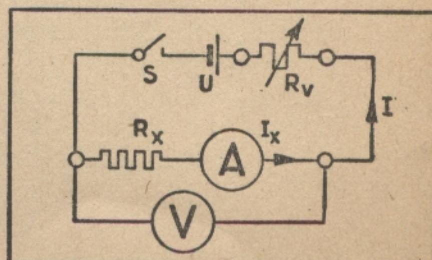


Abb. 56. Widerstandsmessung nach der Stromspannungsmethode.

Wie eiche ich Strom- und Spannungsmesser?

Amperemeter (s. Abb. 57), Voltmeter (s. Abb. 58).

A_n = Normalinstrument, V_n = Normalinstrument.

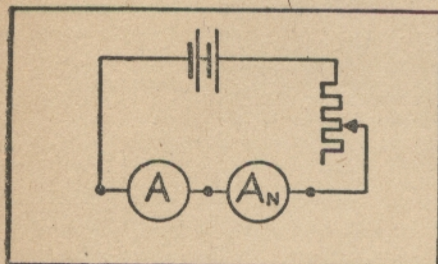


Abb. 57

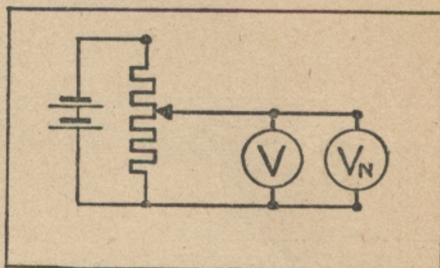


Abb. 58

H. Schrifttums-Verzeichnis

Die nachfolgenden Bücher sind willkürlich zusammengestellt. Der geneigte Leser dieses Heftes soll, falls ihm eine dieser Schriften in die Hände kommt, durch sie seine Kenntnisse erweitern und vervollständigen.

G. Keinath, Die Technik elektrischer Meßgeräte. München und Berlin 1928.

W. Schwerdfeger, Elektrische Meßtechnik. Teil I und II. Verlag: C. F. Wintersche Verlagsbuchhandlung, Leipzig 1944.

O. Liman, Prüffeldmeßtechnik. Verlag: Funkschau-Verlag, München 1943.

H. Monn, Taschenkalender für Rundfunktechniker. Verlag: Funkschau-Verlag, München 1943.

K. Parnemann, Grundlagen der Elektrotechnik. Verlag: Otto Elsner Verlagsgesellschaft, Berlin 1945.

H. Zipp, Die Elektrotechnik. Verlag: C. A. Weller Verlagsbuchhandlung, Berlin 1927.

R. Schadow, Funkwerktechnik. Verlag: Weidmannsche Verlagsbuchhandlung, Berlin 1944.

R. Schadow, Funktechnisches Ringbuch. Verlag: Reher Verlag, Berlin 1941.

H. Günther u. H. Richter, Schule des Funktechnikers. Verlag: Frank'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1944.

H. Günther u. H. Richter, Lexikon der Funktechnik. Verlag: Frank'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart 1943.

Telegraphenmeßordnung Teil 4 (TMO 4). Verlag: Deutsche Reichspost, Berlin 1939.

F. Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik. Verlag: B. G. Teubner, Leipzig und Berlin.

A. Linker, Elektrotechnische Meßkunde. Verlag: Springer, Berlin.

W. Jaeger, Elektrische Meßtechnik. Verlag: Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1928.

R. Sewig, Objektive Photometrie. Verlag: Springer, Berlin 1935.

O. Zinke, Hochfrequenz-Meßtechnik. Verlag: S. Hirsch, Leipzig 1938.

Sämtliche Anfragen bitte zu richten an:
Anzeigenabteilung des Deutschen Funk-Verlages,
Berlin W 35, Schöneberger Ufer 59, vorm. Kösterufer

Multavi und Multizet
in gutem Zustande, für funktechnisches Laboratorium, zu kaufen gesucht. Preis- od. Tauschangebote erbeten unter „M 25" an die Anzeigenabteilung.

Meßinstrumente
zu kaufen oder auf dem Tauschwege gesucht, nur gut erhaltene Apparate werden benötigt. Preisangebote unter „M 26" an die Anzeigenabteilung.

Archivmaterial
an technischen und wissenschaftlichen Radio-Zeitschriften und Büchern gesucht. Angebote erbittet der Deutsche Funk-Verlag G m b H., Berlin SO 36, Kiefholzstr. 1—3.

Gesucht
werden folgende Bücher: Dr. Borchardt „Patente der Rundfunk-Empfangstechnik"; Georg Neumann „Elektroakustisches Taschenbuch"; Dr. Vilbig „Lehrbuch der Hochfrequenztechnik"; Lennarz „Meßgeräte"; Liemann „Prüffeld-Meßtechnik". Angebote unter „B 30" erbeten an die Anzeigenabteilung.

„Mathematische Formeln"
(Satz und Bedeutung) von R. Thieme, oder ähnliche Lehrbücher zu kaufen gesucht. Offerten erbet. unter „B 31" an die Anzeigenabteilung.

Hubroller
mit oder auch ohne Ladegestelle, zu kaufen oder zu tauschen gesucht. Wenn möglich, Ladefläche 70 x 100 cm und Tragfähigkeit 350 Kilo. Angebot an Deutscher Funk-Verlag GmbH., Berlin SO 36, Kiefholzstraße 1-3.

Büromöbel
neu oder möglichst gut erhalten, zu kaufen gesucht. Angebote unter „K 3" erbeten an die Anzeigenabteilung.

Moderne Schreibtischlampen
gesucht. Angebote erbittet der Deutsche Funk-Verlag GmbH., Berlin SO36, Kiefholzstraße 1-3, Telefon 674358.

Kleiner Lastwagen
im Tausch gegen Personenkraftwagen 1,2 l gesucht. Wertausgleich nach Vereinbarung. Offert. erbet. unter „M 27" an die Anzeigenabteilung.

Kupferklischees
in mittleren und größeren Formaten zu kaufen gesucht. Preisangebot unter „K 1" an die Anzeigenabteilung.

Schreibmaschine
gut erhalten, modernes Modell, zu kaufen oder eventuell im Tauschwege gesucht. Nähere Angaben erbeten unter „K 2" an die Anzeigenabteilung.

Die Einstellung der nachstehend gesuchten Arbeitskräfte erfolgt durch das örtlich zuständige Bezirksarbeitsamt

Gewandter Redakteur
selbständige, ideenreiche Persönlichkeit, mit Initiative und Erfahrungen auf dem Gebiete der unterhaltenden Familienzeitschriften, von Berliner Verlag gesucht. Herren oder Damen, welche für diese ausbaufähige Position in Frage kommen bitten wir, ihre Ansprüche nebst Lebenslauf einzusenden unter „S 24" an die Anzeigenabteilung.

Buchhersteller
in entwicklungsfähige Stellung gesucht. Herren, welche über Initiative und gute Fachkenntnisse verfügen, werden gebeten, ihre Bewerbung unter „S 25" an die Anzeigenabteilung einzusenden.

Drucksachenhersteller
erste Kraft, welcher Erfahrungen auf d. Gebiete der Drucksachenherstellung und Nachkalkulation besitzt, von Verlagsunternehmen gesucht. Bewerbungen m. Lebenslauf u. Gehaltsansprüchen erbeten unter „S 23" an die Anzeigenabteilung.

Papierfachmann
technisch und kalkulatorisch gut fundierte Kraft, mit Fähigkeiten für die Leitung eines Papierlagers und der Einkaufsabteilung, gesucht. Angebote erbeten unter „S 26" an die Anzeigenabteilung.

Buchbinderfachmann
für die Einkaufs- und Herstellungsabteilung eines Berliner Verlages in leitender Stellung gesucht. Lebenslauf und Gehaltsansprüche unter „S 27" an die Anzeigenabteilung erbeten.

Gebrauchsgraphiker
als künstlerischer Berater und Atelierchef für den Ausbau eines schöngeistigen Verlages gesucht. Zuschriften unter Chiffre „S 28" an die Anzeigenabteilung erbeten.

Erfahrener Graphiker
möglichst gelernter Lithograph, für interessante Tätigkeit gesucht. Lebenslauf und Gehaltsansprüche erbeten unter „S 21" an die Anzeigenabteilung.

Umbruch-Metteur
welcher Erfahrung im Satz und Umbruch von technischem Formelsatz besitzt, wird für eine funktechnische Zeitschrift gesucht. Angebote an „S 22" über die Anzeigenabteilung.

Labor-Techniker
der selbständig funktechnische Versuchsschaltungen prüfen und entwickeln kann, gesucht. Gute theoretische und praktische Kenntnisse Bedingung. Angebote unter „S 20" an die Anzeigenabteilung.

1. Akzidenzsetzer
guter Skizzierer, mit reichen Erfahrungen in der Drucksachen-Berechnung und -Herstellung, gesucht. Angebote unter „S 29" an die Anzeigenabteilung.

Preußler & Bäßler
ELEKTROMECHANIK

Entwicklung und Fabrikation
von Meß- und Prüfgeräten der Funktechnik
Übernahme von Spezialentwicklungen

BERLIN-NEUKÖLLN
STEINMETZSTRASSE 43-45

Radio-Zentrale

WILHELM ULIVELLI

BERLIN N 65, MÜLLERSTRASSE 138

U-Bahnhof Seestraße Ruf 46 33 68

RADIOAPPARATE / RADIORÖHREN
ANKAUF VERKAUF TAUSCH

Größte Auswahl in allem Bastelmaterial
Radiotechnische Literatur
Schallplatten

Alte Zinkklischees

sowie jegliche Menge reines Zink (98%) laufend zu kaufen gesucht. Angebote erbeten an Deutscher Funk-Verlag G.m.b.H., Berlin SO 36, Kiefholzstraße 1-3 / Telefon: 67 43 58

Radio-Bastlerzentrale **Ankauf Verkauf**

Röhren-Tausch- und Prüfstelle
Spezialwerkstatt für Näh- und Büromaschinen
Feinmechanische und elektrotechn. Werkstätten

Ing. E. KAISER, Berlin SO 16, Brückenstraße 10a
Telefon 67 34 84

GS

RADIO-FACHGESCHÄFT
MOABIT
GERHARD SOMMER

o

Reparaturen
preiswert und schnellstens!
Radiotausch bei Stromwechsel!
Bastler-Quelle!

o

BERLIN NW7
BEUSSELSTRASSE 53
am S-Bahnhof Beusselstraße



FROESE & AHRENS
RUNDFUNK

Reparatur und Handel
Einzelteile

Beratungsdienst für den Bastler
Akkuladestation / Entwicklung
und Bau von Sonderanfertigung
Regenerieren von Röhren
Röhrentausch / Ankauf von
Radio- und Elektromaterial

BERLIN-CHARLOTTENBURG 5
Suarezstraße 63
am U-Bahnhof Sophie-Charlotte-Platz

Lastwagen und Personenwagen gesucht

Bevorzugt werden Generatorfahrzeuge, auch Dieselmotore würden akzeptiert werden. Reparaturmöglichkeit für beschädigte Fahrzeuge vorhanden. Ausführliche Angebote werden erbeten an den Deutschen Funk-Verlag G m b H., Berlin SO 36, Kiefholzstraße 1-3 · Telefon: 67 43 58

Universal-Empfänger-Eichprüfer

Type «UEP» mit eingebauten Quarzen zur Eichung u. Prüfung von Rundfunkgeräten und zum Zwischenfrequenzabgleich

Listen anfordern



HEINZ EVERTZ, Piezoelektr. Werkstätte

Stockdorf bei München, Gautinger Straße 3

Fernsprecher 8 93 50



Fernruf: 39 38 53

Bastlerquelle
Spezial-Werkstatt

Ankauf von Rundfunkgeräten

Kundendienst
Radiotausch

Rollenpapiere
Druck- und Schreibpapiere
Umschlagkartons

auch in kleineren und größeren Mengen gesucht. Sämtliche Rollenbreiten sowie Plan-Formate können verwertet werden. Ausführliche Angebote erbeten an den

DEUTSCHEN FUNK-VERLAG GMBH

BERLIN SO 36, KIEFHOLZSTRASSE 1-3 · TELEPHON: 67 43 58

Rundfunk-Großhandel
Vertretungen

WALTHER LEIHKAMM

Leipzig N 22, Stockstraße 15, Telefon 65026

Die Einkaufsquelle für den Bastler

Reparaturen aller Systeme

Radio-Bürger
Quedlinburg, Markt
Telefon 403

Martin Becker
DAS RADIOFACHGESCHÄFT
BERLIN NO 55
Prenzlauer Allee 230-31
Fernsprecher: 42 06 30

RÖHREN
APPARATE
ANKAUF
VERKAUF
TAUSCH

Röhrenprüfstelle
Bastlerbedarf

DUTON
Radio - Kino - Mechanik
Radio-Neubau, -Umbau

2 Reparaturwerkstätten / Reparaturen in kürzester Frist Lieferung von Ersatzröhren / Bastler-Bezugsquelle / Röhren-Prüf-und-Tauschstelle / Radiogeräte-Verkauf / Spezialwerkstatt für 16 mm-Tonfilmprojektoren sowie sämtliche anderen Filmprojektoren / Reparatur und Verkauf nach außerhalb

Berlin-Schöneberg, Großgörschenstr. 5, Telefon 248455, 712155

HEINRICH **Elbel** JNGENIEUR

DAS BEKANNTE
LEIPZIGER RUNDFUNK FACHGESCHÄFT

LEIPZIG C1

RUF 45720 FRANKFURTER ECKE ELSTERSTRASSE

GROSSES LAGER IN ALLEN EINZELTEILEN — UMBAUTEN
UND REPARATUREN IN EIGENER MODERNER WERKSTATT



Einzelteile
Schallplatten

LEIPZIG C1
Hainstr. 6

Reparaturen
Umbauten
Bastlerberatung

LEIPZIG C1
Markgrafenstr. 10

RADIO-HINTZE

Inhaber: Erwin Hintze

Rundfunk-Fachgeschäft

*

Spezialwerkstatt für Einbau und Reparaturen von Auto-Empfängern / Kraftverstärker-Anlagen / Antennenbau / Ausführung sämtlicher Reparaturen an in- und ausländischen Rundfunk-Apparaten

*

Die Bastlerquelle des Nordens
Technischer Kundendienst
Geschultes Fachpersonal

*

BERLIN N 113
Schivelbeiner Straße 46 / Rodenbergstraße 3
am U- und S-Bahnhof Schönhauser Allee

Fernsprecher: 42 88 55

Broschüren

für den Rundfunk-Techniker und Funkfreund

Bereits erschienen:

Die Röhren-Tabelle

Neue, verbesserte und erweiterte zweite Auflage,
Umfang 53 Seiten mit vielen Abbildungen . . . . . . Preis 3,50 RM

RV 12 P 2000

Ersatzmöglichkeiten für normale Radioröhren. Neubauschaltungen mit Selen-Gleichrichter, von Ing. Günter Heine und Ing. Rudolf Wollenschläger.
Umfang 20 Seiten mit vielen Abbildungen . . . . Preis 1,— RM

Die Radioröhre

Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Von Dr. B. Thieme. Umfang 20 Seiten mit 14 Abbildungen, zweifarbiger Umschlag . . . . Preis 1,— RM

Die Schaltungen der Radioröhre

Von Dr. B. Thieme. Umfang 48 Seiten mit 27 Abbildungen, zweifarbiger Umschlag . . . . Preis 1,80 RM

Meßinstrumente für Gleich- und Wechselstrom

Von Dipl.-Ing. Friedrich Bein. Format Din A 5, Umfang 33 Seiten mit 58 Abbildungen . . . . Preis 1,80 RM

In Vorbereitung:

Wege zum Detektor-Lautsprecher

Von Dr. Nesper. Umfang 23 Seiten mit 21 Abbildungen, zweifarbiger Umschlag . . . . Preis 1,50 RM

7 erprobte Schaltungen

für den erfahrenen Bastler. Zum Selbstbau unter Verwendung von Spezialröhren, von Ing. R. Grüneberg.
Zweifarbiger Umschlag . . . . Preis 2,— RM

Die moderne Radio-Mehrgitterröhre

Ihr Aufbau, ihre Anwendung, ihr Einsatz in Schaltungen. Schirmgitterröhre, Pentode und Endpentode, von Dr. B. Thieme

Wir bauen unsere Spulen selbst

Von Ing. Franz Kalveram. Umfang 13 Seiten mit 12 Abbildungen . . . . Preis 1,20 RM

Deutscher Funk-Verlag G. m. b. H., Berlin SO 36
Kiefholzstraße 1-3, Telefon 67 43 58, Postscheck-Konto: Berlin 197549